



FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y AMBIENTALES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



VARIACIÓN DE LAS COMUNIDADES ICTIOPLANCTÓNICAS DEL NEUSTON A LO LARGO
DE UN CICLO DIARIO EN EL GOLFO DE CÁDIZ

JAIME DOMÍNGUEZJIMÉNEZ

Puerto Real a 17 de Septiembre de 2019

TRABAJO FIN DE MÁSTER (PERFIL INVESTIGADOR)
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ACUICULTURA Y PESCA

VARIACIÓN DE LAS COMUNIDADES ICTIOPLANCTÓNICAS DEL NEUSTON A LO LARGO
DE UN CICLO DIARIO EN EL GOLFO DE CÁDIZ

Memoria presentada por Jaime Domínguez Jiménez para la obtención del
Título de Máster Universitario en Acuicultura y Pesca
(Perfil Investigador)

Fdo.: Jaime Domínguez Jiménez

Puerto Real a 17 de Septiembre de 2019

TRABAJO FIN DE MÁSTER (PERFIL INVESTIGADOR)
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ACUICULTURA Y PESCA

M.PAZ JIMÉNEZ GÓMEZ, CIENTÍFICA TITULAR DE OPIs (DOCTORA EN CIENCIAS DEL MAR) Y MILAGROSA CASIMIRO-SORIGUER ESCOFET Profesora Titular del Departamento de Biología de la Universidad de Cádiz, como Tutoras del Trabajo Fin de Máster titulado “VARIACIÓN DE LAS COMUNIDADES ICTIOPLANCTÓNICAS DEL NEUSTON A LO LARGO DE UN CICLO DIARIO EN EL GOLFO DE CÁDIZ”, realizada por “JAIME DOMÍNGUEZJIMÉNEZ”,

INFORMAN que el trabajo presentado en la presente memoria se ha llevado a cabo bajo nuestra tutorización en las dependencias del Centro Oceanográfico de Cádiz, del Instituto Español de Oceanografía (IEO).

Y para que así conste firmamos el presente informe en Puerto Real a 17 de Septiembre de 2019

Firma del las Tutoras

Fdo.: M: Paz Jiménez Gómez

Fdo. Milagrosa Casimiro Soriguer

TRABAJO FIN DE MÁSTER (PERFIL INVESTIGADOR)
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ACUICULTURA Y PESCA

ÍNDICE

PÁG.

Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción	3
1.1. Área de estudio	3
1.2. El ictioplancton y el neuston	5
1.3. Las campañas de investigación	9
2. Hipótesis y Objetivos	11
3. Materiales y Métodos	12
3.1. Obtención de las muestras. Campañas.	12
3.2. Procesado de las muestras en el laboratorio	14
3.2.1. Triado	14
3.2.2. Identificación taxonómica	17
4. Resultados	20
4.1. Variables físicas	20
4.2. Abundancia total y composición larvaria del neuston	22
4.3. Variación horaria de la abundancia y composición larvaria del neuston	24
4.4. Variación horaria de la abundancia de larvas presentes en el neuston por grupo taxonómico	31
5. Discusión	38
6. Conclusiones	43
7. Bibliografía	44

ÍNDICE DE TABLAS

PÁG.

Tabla 1. Valores mínimos, máximos y media de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fluorescencia y turbidez superficial medidos en sus respectivas unidades. Campaña STOCA 201806.	21
Tabla 2. Abundancia en número y % de las diferentes familias presentes en el muestreo de neuston (campaña STOCA 201806).	23
Tabla 3. <i>Estacionalidad de larvas de distintas especies de mugílidos del Golfo de Cádiz</i>	42

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

Figura 1. Áreas de gestión de pesquerías en el seno del ICES.	4
Figura 2. Copépodos.	5
Figura 3. Muestra de ictioplancton, en la que se pueden observar tanto larvas como huevos de peces.	6
Figura 4. Representación de la migración vertical diaria y alimentación del ictioneuston subtropical.	7
Figura 5. Buque oceanográfico Ángeles Alvariño (IEO).	12
Figuras 6 y 7. Patín de neuston.	13
Figura 8. Remolcado del patín de neuston durante la maniobra de muestreo.	13
Figura 9. Localización geográfica de la estación de muestreo de neuston (36,8120 N - 6,5082).	14
Figura 10 y 11. Muestreador Folsom (izda) y material de laboratorio para el procesamiento de muestras de ictioplancton (dcha).	15
Figura 12. Ejemplo de estadillo en el que se detallan los distintos apartados relacionados con el muestreo de huevos y larvas, además de la información relacionada con la campaña y datos de volumen. Se incluye también un apartado para anotar las fases de larvas de langostinos y gambas que se utilizan en otros estudios.	16
Figura 13. Representaciones esquemáticas de la estructura y órganos internos de ejemplares larvarios.	17
Figura 14. Tipos de pigmentación en larvas y su localización en el cuerpo.	18
Figura 15. Disposición de los pigmentos en las distintas vistas del cuerpo larvario	19
Figura 16. Variación de la temperatura (°C) y salinidad (PSU) a lo largo del día.	21
Figura 17. Variación del oxígeno disuelto en (ml/L), fluorescencia en (mg/m ³) y turbidez (NTU) a lo largo del día.	21
Figura 18. Importancia relativa (en % de la abundancia) de las diferentes familias presentes en el muestreo de neuston (campaña STOCA 201806).	22
Figura 19. Número de larvas capturadas durante el muestreo de neuston para cada uno de los grupos taxonómicos identificados (campaña STOCA 201806).	23
Figura 20. Abundancia total en número de larvas dependiendo de la hora del día.	24
Figura 21. Dendrograma resultado del Análisis clúster de las estaciones donde se recogieron las muestras e índices de similitud de Bray-Curtis. Se indican el amanecer y atardecer y las estaciones que de las que se recogieron larvas por el día y la noche.	25
Figura 22. Importancia relativa (en % de la abundancia) de los diferentes taxones presentes en el muestreo de neuston en cada hora de muestreo (campaña STOCA 201806).	28-30
Figura 23. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de <i>Engraulis encrasicolus</i> presentes en el neuston según la hora del día.	31
Figura 24. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Gobiidae presentes en el neuston según la hora del día.	32

Figura 25. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de <i>Parablennius pilicornis</i> presentes en el neuston según la hora del día.	32
Figura 16. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Sparidae presentes en el neuston según la hora del día.	33
Figura 27. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Clupeidae (<i>Sardina pilchardus</i> y <i>Sardinella aurita</i>) presentes en el neuston según la hora del día.	34
Figura 28. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de <i>Trachurus spp.</i> presentes en el neuston según la hora del día.	34
Figura 29. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Callionymidae presentes en el neuston según la hora del día.	35
Figura 30. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Serranidae, <i>Serranus hepatus</i> y <i>Serranus cabrilla</i> presentes en el neuston según la hora del día.	36
Figura 31. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de <i>Belone belone</i> , <i>Mullus barbatus</i> y familias Blennidae y Mugilidae presentes en el neuston según la hora del día.	36
Figura 32. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de <i>Coris julis</i> , <i>Arnoglossus spp.</i> y las familias Labridae y Myctophidae presentes en el neuston según la hora del día.	37
Figura 33. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de <i>Sphyraena spp.</i> , <i>Scomber colias</i> , <i>Dicologlossa cuneata</i> , <i>Umbrina spp.</i> y la familia Scombridae presentes en el neuston según la hora del día.	37

RESUMEN

El Golfo de Cádiz (GoC) es la cuenca que une el océano atlántico norte y el mar Mediterráneo, y es un área con unas características hidrográficas y ambientales únicas, debido al intercambio de masas de agua entre el Atlántico y el Mediterráneo a través del Estrecho de Gibraltar. Este área también se caracteriza por una plataforma continental amplia y poco profunda, y la existencia en su costa de grandes estuarios y zonas de marisma, principalmente el río Guadalquivir, le proporcionan un gran valor ecológico y económico, ya que estos ecosistemas se consideran de gran productividad y se constituyen zonas de puesta y de cría para muchas especies comerciales. El estudio del ictioplancton, huevos y larvas de peces, cobra cada vez más importancia en el estudio de las poblaciones explotadas, y se encuentra mayoritariamente distribuido en las primeras capas de la superficie, formando parte del neuston. El objetivo principal de este estudio es analizar la variación de las comunidades larvarias de peces presentes en el neuston en una zona del golfo de Cádiz a lo largo de un ciclo diario, así como analizar la abundancia en el neuston de larvas de los diferentes grupos taxonómicos capturados. Se analizaron 6439 larvas y se identificaron 18 familias diferentes dentro de unas condiciones ambientales con pocas variaciones. El análisis de clúster presentó cierta similitud entre algunas comunidades según el tramo del día. Las muestras obtenidas durante la noche mostraron una mayor diversidad de especies, y para cada grupo taxonómico identificado se observó que cada uno posee una actividad distinta en relación a su presencia en el neuston según la hora. Estas variaciones pueden deberse a las condiciones físicas y ambientales de la zona, y también al ciclo reproductivo y competencia interespecífica de las especies que desovan en esas aguas.

ABSTRACT

The Gulf of Cadiz (GoC) is the basin that, connects the North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea, which is an area with some unique hydrographic and environmental characteristics related to the water exchange between atlantic and mediterranean through the Strait of Gibraltar. This area is also characterized by a wide and low depth continental platform, and the existence of big estuaries and marshlands along its coast, mainly in the Guadalquivir River which provide great economic and ecological value because these ecosystems are considered to be highly productive and become spawning and nursery areas for many commercial species. Ichthyoplankton study, fishes' egg and larvae, is gaining more importance in the study of exploited populations, which are mainly located in the upper layers of sea surface, being part of the neuston. The main objective of this study is to analyze the variation of larval communities of fishes present in the neuston in an area of the Gulf of Cadiz along a daily cycle, as well as analyzing the neustonic abundance of larvae which belong to different taxonomic groups. 6439 larvae were analyzed and 18 families were identified inside some low variation environmental conditions. Cluster analysis showed similarities between some communities in relation to the day section. Samples obtained during night exhibited greater species diversity, different activity in relation to its presence in neuston was observed for each identified taxonomic group depending on hour. These variations may be due to physical and environmental conditions of the area and in addition to the reproductive cycle and interspecific competition of spawning species of that waters.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de Cádiz (GoC) es la cuenca que une el océano atlántico norte y el mar Mediterráneo. Las fronteras norte, este y sur de la cuenca son la Península Ibérica y las costas noroestes africanas, mientras que la frontera oeste no está bien definida (García-LaFuente *et al.*, 2007). Las aguas superficiales del Atlántico Norte alimentan a las del mar Mediterráneo a través del estrecho de Gibraltar (Ochoa y Bray, 1991; Navarro *et al.*, 2006), transformándose en agua más salada, fría y densa por flujos aire-agua, por lo que abandona el área como una corriente profunda con salinidad y temperatura características (Ochoa y Bray, 1991).

El flujo de agua del atlántico afecta a las características oceanográficas de las aguas superficiales en el Golfo de Cádiz y juegan un papel importante en la regulación de la circulación en la cuenca (Navarro *et al.*, 2006). El patrón de circulación global en el Golfo de Cádiz parece ser anticiclónico en verano con probabilidad de cambiar a ciclónico en invierno (Batteen *et al.*, 2000). Los estudios de Stevenson (1977) identificaron la “zona de upwelling portuguesa”, el “frente de Huelva” y el “remolino de Tarifa”, este último representa la circulación anticiclónica. Cuando los vientos soplan en dirección oeste aparece una zona de upwelling en el al este del Cabo de Santa María en Portugal (Folkard *et al.*, 1997). Otra zona de upwelling de puede encontrar al suroeste del Estrecho de Gibraltar (Vargas *et al.*, 2003). Estas condiciones hacen del Golfo de Cádiz una zona con una alta producción primaria de fitoplancton en los meses más fríos aunque también existen máximos en meses de verano (Navarro *et al.*, 2006).

A efectos del reglamento (CE) nº 850/98, el Golfo de Cádiz se define como el área incluida en la División 9a del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES en sus siglas en inglés), al este del punto 7º 23' 48'' W. El límite se localiza en los 36º 00' N de latitud (Figura 1). La parte española del Golfo de Cádiz, denominada Región Suratlántica Española, abarca desde la desembocadura del río Guadiana en Ayamonte (Huelva) hasta Tarifa (Cádiz), integrando la totalidad del litoral de la provincia de Huelva y parte de la provincia de Cádiz, ocupando una extensión de 303 km de costa (Jiménez y Sobrino, 2006).

1.2. EL ICTIOPLANCTON Y EL NEUSTON

La interfaz agua-aire es un entorno físico-químico único muy severo para el ensamblaje de organismos altamente especializados que viven en ella conocidos como neuston (Liparoto *et al.*, 2017). Definimos el neuston pues como el conjunto de organismos microscópicos que componen el pleuston, y que por tanto se encuentran en la capa superficial que separa el agua de la atmósfera. Se denomina epineuston a los organismos que viven en la fase aérea (sobre la película de agua), e hiponeuston a los de la fase acuosa (por debajo). Los copépodos son uno de los microorganismos neustónicos más abundantes (Figura 2).

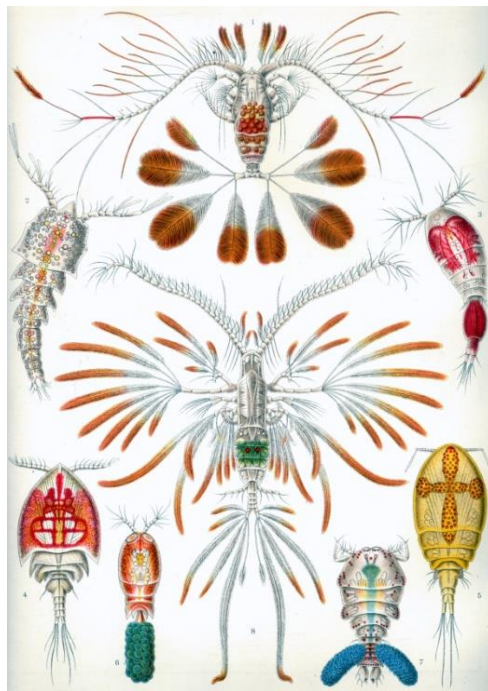


Figura 2. Copépodos. Autor: Ernst Haeckel.

Debido a que los océanos cubren el 71% del planeta, el neuston es una de las comunidades más ubicuas del mundo, y engloba al ictioplancton (Liparoto *et al.*, 2017), que es la fracción del zooplancton formada por huevos y larvas de peces (Figura 3). Si bien los huevos de algunas especies son demersales (arenque, blénidos, algunos góbidos...), en la mayoría de ellas presentan una densidad menor que la del agua (algunos incluyen gotas de aceite para ello) y se dispersan a merced de los movimientos de las masas de agua superficiales (Rodríguez *et al.*, 2017). El ictioplancton, por tanto, se encuentra principalmente en las capas superficiales del

agua, donde sufre dispersión por la acción de las corrientes de agua (Olivar, 1990), debido a la nula capacidad de natación en los huevos o limitada en el caso de larvas en las primeras etapas de su desarrollo (Williams *et al.*, 1984; Roberts, 1997; Bellwood y Fisher, 2001).

Tanto huevos como larvas se integran dentro de la parte del plancton conocida como meroplancton, que son los organismos que forman parte del plancton solamente durante una parte de su ciclo de vida (Krishnamoorthy, P. y Subramanian, P. 1999), en contraposición al holoplancton u organismos cuyo ciclo biológico completo se desarrolla en el plancton.



Figura 3. Muestra de ictioplancton, en la que se pueden observar tanto larvas como huevos de peces.
Fuente: Rodríguez *et. al.*, 2017.

El tiempo en el que los peces se encuentran en sus estadios de desarrollo más tempranos de huevo y larva puede durar de unas semanas a un par de meses (Victor, 1986b; Brothers *et al.*, 1983), y es característico para cada especie. Este periodo del desarrollo embrionario de los peces en el cual forman parte del plancton, a pesar de ser muy breve, es extremadamente importante en el ciclo biológico de las especies, ya que la cantidad de individuos que alcanzan la fase de reclutamiento a las pesquerías depende, en gran medida, de la mortalidad larvaria, siempre muy elevada (Houde, 1989).

Durante la fase larvaria, las larvas desarrollan especializaciones para su vida en el plancton, además de otros cambios. Por ejemplo, la mayoría de los peces incrementan su peso en cinco órdenes de magnitud a lo largo de su vida y tres de ellos

ocurren en la etapa planctónica (Werner y Gilliam, 1984; Houde, 1987; Miller *et al.*, 1988). El final de la etapa larvaria está marcado por un proceso de metamorfosis o transformación, más o menos abrupto dependiendo de la especie, durante el cual la larva se convierte en un juvenil que es morfológicamente similar al adulto (Victor, 1986a; Evans *et al.*, 1990). Los juveniles de las especies pelágicas se integran en la comunidad del neuston mientras que otros migran a otros lugares de la columna de agua tras la metamorfosis como el caso de los peces planos (de Jesus *et al.* 1998; Campinho *et al.*, 2007).

También se realiza una migración diaria dentro de la columna de agua por parte tanto de larvas como de juveniles y adultos (Lampert, 1989). El patrón normal es un ascenso por la noche y un descenso durante el día (Lampert, 1989; Neilson y Perry, 1990) aunque se han dado casos en los que la densidad era mayor en las primeras capas de agua por el día que por la noche (Brodeur y Rugen, 1994). Se pueden observar dos patrones de migraciones verticales: tipo I ascendente (Neilson y Perry, 1990) y tipo II descendente que es este último caso (Brodeur y Rugen, 1994).

Se ha discutido mucho sobre el significado de estas migraciones en la columna de agua y se han escrito diversos trabajos en los que estos movimientos pueden deberse a la alimentación o para evitar a depredadores migrando a zonas más profundas y oscuras (Hempel y Weikert, 1972; Clark y Levy, 1988) (Figura 4).

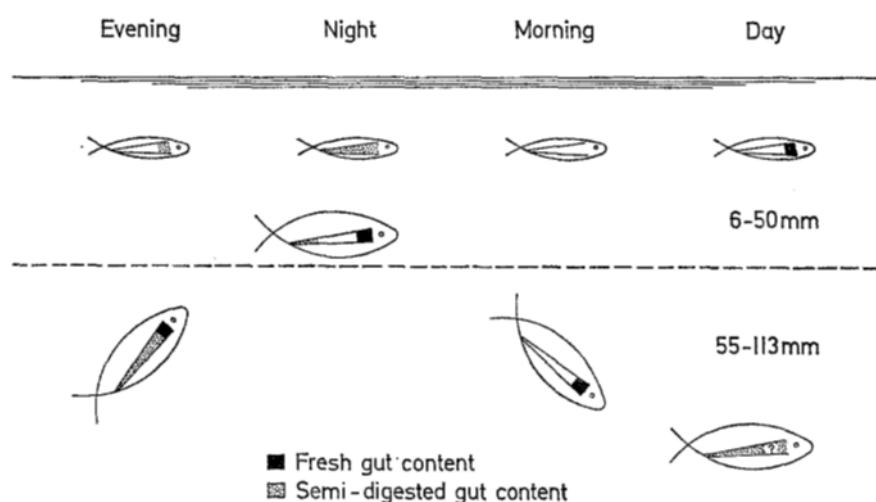


Figura 4. Representación de la migración vertical diaria y alimentación del ictioneuston subtropical.
Fuente: Hempel y Weikert, 1972

Existen varias razones para el estudio del ictioplancton. Una de ellas es que la información relativa a la abundancia y distribución de huevos y larvas puede dar pistas sobre las áreas de puesta y requerimientos ambientales de muchas especies de peces (Alemany *et al.*, 2010; Koslow y Wright, 2016). El conocimiento del ictioplancton es necesario debido a que forma parte de las cadenas tróficas pelágicas (Raymont, 1983) y puede representar una relación entre organismos pequeños planctónicos y organismos nectónicos más grandes (Cushing, 1990, Castonguay *et al.*, 2008).

Como la mayoría de peces habitan la parte superior de la columna de agua durante su vida temprana y tienen una capacidad de huir muy baja, los muestreos de ictioplancton proporcionan un método más económico y eficiente para monitorizar las poblaciones y comunidades marinas (Koslow y Wright, 2016). La supervivencia de las larvas de peces puede influir directamente en las abundancias futuras de los stocks, debido a que la mayoría de los procesos que determinan la fuerza de los reclutamientos y la distribución espacial de las poblaciones de peces ocurren en la etapa planctónica, lo cual resulta en importantes variaciones interanuales en las biomásas de los stocks (Castonguay *et al.*, 2008).

El primer paso en cualquier estudio sobre ictioplancton es la correcta clasificación sistemática de los ejemplares analizados, ya que errores en la identificación de huevos o larvas pueden dar como resultado importantes equívocos sobre la biología y ecología de las especies. Según Rodríguez *et al.*, 2017 uno de los principales problemas relacionados con los estudios de larvas y huevos es precisamente su identificación, ya que es más difícil que identificar juveniles o adultos. Esto es debido a que experimentan una serie de cambios a lo largo de su desarrollo como el cambio de tamaño y morfología, pigmentación, etc. (Victor, 1986a; Miller *et al.*, 1988; Evans *et al.*, 1990).

Según el estudio de Richards (1985), a nivel de familia se conocen el 75 % de larvas y 36 % de huevos. A nivel de género, se han identificado un 24 % de larvas y un 12 % en huevos. En las especies, existe un 9 % de nivel de identificación en larvas y un 3,5 % en huevos. La mayor información corresponde a especies de interés comercial y existe muy poca información cuando se habla de larvas y huevos de especies de agua dulce (Richards, 1985).

1.3. LAS CAMPAÑAS DE INVESTIGACIÓN

Las primeras muestras de plancton que se obtuvieron fueron larvas de cangrejos y percebes y las recogió el cirujano J. Vaughan Thompson en 1828 (Fraser, 1986). Se creía que el plancton tenía una distribución uniforme en la superficie de los océanos en el siglo XIX con diferencias dependiendo de la red usada (Wiebe y Benfield, 2003). No fue hasta 1926, en la expedición de Hardy (1926) en la que se recogió tanto zooplancton como fitoplancton y se demostró la distribución parcheada del plancton.

El muestreo tanto de larvas como de huevos se realiza a través de campañas oceanográficas en estudios tanto primarios (Brodeur y Rugen, 1994; Baldó *et al.*, 2006; Liparoto *et al.*, 2017) como secundarios (Collignon *et al.*, 2012; 2014). Antes de zarpar es necesario planificar el área donde se van a tomar las muestras y la época, dado que puede influir en la ecología de alguna especie de interés (Drake *et al.*, 2007).

Los parámetros de salinidad, temperatura y presión pueden registrarse mediante una sonda CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) que dan información sobre las características físicas del agua. También existen otros aparatos que se usan por separado con los que se pueden conseguir la misma información como refractómetros (Drake *et al.*, 2002; 2007). Estas mediciones resultan muy útiles cuando se hacen estudios de cómo afectan estos parámetros a un proceso o una especie de interés (Drake *et al.*, 2002; 2007). Se pueden utilizar también datos de estudios de imágenes por satélite para obtener información sobre la hidrografía o de algún factor como la producción primaria (Navarro y Ruíz, 2006).

El plan de campaña es realizado por el/la responsable científico y su diseño dependerá de los objetivos de la misma. El plan de campaña debe incluir:

- Área y época de realización de la campaña
- Barco y puerto de embarque y desembarque.
- Fechas (inicio y final), y si hay prevista alguna escala
- Objetivos y Diseño de la campaña (según objetivos)
- Equipamiento científico y otro material
- Personal participante y labores a desarrollar
- Plan aproximado de trabajo

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) lleva a cabo campañas oceanográficas que engloban diversos componentes del medio marino, desde características hidrológicas hasta biología de las especies. En el año 2009 se comenzó la serie de campañas STOCA (Series Temporales de datos Oceanográficos del Golfo de Cádiz), que tiene como objetivo la observación y el estudio de la variabilidad temporal y las tendencias en las condiciones oceanográficas y comunidades biológicas en el Golfo de Cádiz. Desde julio de 2009 se viene llevando a cabo el muestreo sistemático de radiales o secciones estándar repetidas en el Golfo de Cádiz, desde el estrecho de Gibraltar hasta la desembocadura del río Guadiana. Este programa de monitorización tiene como objetivos el observar, describir y analizar el campo biológico, químico y físico necesarios para (1) caracterizar y comprender las causas de la variabilidad oceánica a escalas estacionales, interanuales y decadales, (2) suministrar un conjunto de datos multidisciplinarios que sirvan para establecer relaciones entre las variables biológicas, químicas y físicas, y (3) suministrar datos de calidad para contribuir al buen desarrollo de actividades relacionadas con el medio marino. Desde 2016 se trasladan los datos al Grupo de Hidrografía Oceánica del ICES (ICES-WGOH) y contribuyen a la elaboración del ICES Report on Ocean Climate (IROC), así como al consorcio EMODnet-Chemistry.

Uno de los beneficios de la implantación de este programa es aumentar el conocimiento sobre los fenómenos que afectan a larvas en estadios tempranos de desarrollo, con especial énfasis en las especies comerciales.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Dado que existe un movimiento vertical diario del plancton en la columna de agua, ya estudiado por diversos autores, podemos suponer una variación de la composición de las comunidades de ictioplancton presente en el neuston a lo largo de un periodo completo día/noche.

Este trabajo propone una experiencia basada en el muestreo del ictioplancton presente en el neuston en una estación de muestreo, a lo largo de un ciclo diario completo, en una zona concreta del Golfo de Cádiz, con el objeto de determinar la posible variación en la composición de las comunidades larvarias en función de las fases día/noche, lo que contribuirá a ampliar la información existente sobre el ictioplancton en esta zona.

El **objetivo principal** de este TFM es analizar la variación de la abundancia y composición taxonómica de larvas presentes en el neuston a lo largo de un ciclo diario completo, para ello se disponen los siguientes sub objetivos:

- Determinar la abundancia total y describir las comunidades larvarias del neuston en una estación de muestreo localizada en aguas del Golfo de Cádiz.
- Determinar la variación de las comunidades larvarias presentes en el neuston a lo largo de un ciclo completo día/noche.
- Analizar la variación en la abundancia a lo largo de un ciclo completo día/noche de las larvas presentes en el neuston.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS. CAMPAÑAS.

El muestreo para la obtención de las muestras de neuston objeto de este estudio se llevó a cabo durante la campaña STOCA 201806, realizada del 15 al 23 de junio de 2018, a bordo del buque oceanográfico “*Ángeles Alvariño*”, que pertenece al Instituto Español de Oceanografía (IEO) (Figura 5).



Figura 5. Buque oceanográfico Ángeles Alvariño (IEO).

Las redes de plancton que usualmente se utilizan son las denominadas Bongo, y se suelen hacer arrastres oblicuos o doble oblicuos, verticales u horizontales. Es el sistema más recomendado para los muestreos de ictioplancton a baja velocidad, y se recomienda realizar un lance de al menos 10 minutos para larvas y juveniles (Smith et al., 1977). Otro método para muestrear ictioplancton en superficie es el uso de un patín o red de neuston, que se desliza por la superficie (David, 1965), el cual ha sufrido algunas modificaciones, aunque el procedimiento usado es el mismo que con cualquier otra red de muestreo.

En este trabajo, para el muestreo de neuston se utilizó un patín (Figuras 6 y 7) equipado con una red y colector de 200 micras de luz de malla, tamaño que permite obtener la fracción del plancton que se compone de los huevos de peces y de sus

larvas. Durante el muestreo, el patín es remolcado en superficie por la banda de estribor del barco, a una velocidad constante de 2,5 nudos aproximadamente (Figura 8). Las muestras obtenidas fueron conservadas en botes de 500 ml con formol al 4% tamponado con bórax, para su posterior análisis en el laboratorio.



Figuras 6 y 7. Patín de neuston.



Figura 8. Remolcado del patín de neuston durante la maniobra de muestreo.

Se realizó un muestreo de neuston en intervalos de una hora, a lo largo de 24 horas ininterrumpidas, obteniéndose un total de 23 muestras. Todos los muestreos fueron llevados a cabo en un mismo punto de muestreo, situado frente a la desembocadura del Río Guadalquivir, a una profundidad de 14 m (Figura 9). Los muestreos comenzaron el día 21 de junio de 2018 a las 12:00 horas y finalizaron a las 10:00 horas del día siguiente. La duración de los arrastres fue en todos los casos de 5 minutos.

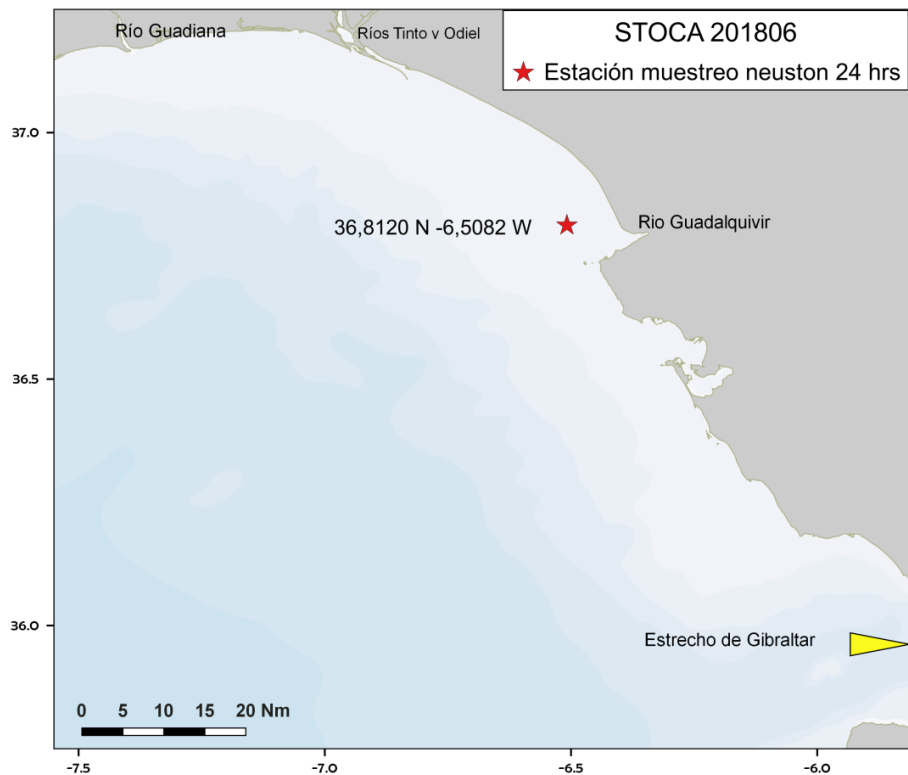


Figura 9. Localización geográfica de la estación de muestreo de neuston (36,8120 N -6,5082).

3.2. PROCESADO DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

3.2.1. TRIADO

Una vez finalizada la campaña, las muestras fueron trasladadas al Centro Oceanográfico de Cádiz, para su posterior procesado en el laboratorio. Lo primero que se realizó fue el triado, que consiste en la separación manual del ictioplancton del total de la muestra, lo cual es una tarea que requiere mucho tiempo y concentración. Primero se lava la muestra y se sustituye el formol por agua, para no trabajar directamente con formol. Sólo si hay especies objetivo muy abundantes se justifica el uso de alícuotas, que se realiza con un muestreador Folsom (Figura 10).

El triado se realiza bajo lupa binocular con ayuda de pinces, agujas empujadas y pinzas blandas para no dañar los ejemplares. Se separan todos los huevos y las larvas de peces, y se van colocando en pocillos con formol al 4% para su posterior identificación taxonómica. Finalmente, se cuentan y anotan los resultados del número de huevos y larvas capturados por especie, y se anota en un estadillo diseñado para tal fin (Figura 12).

El material necesario es el siguiente (Figura 11):

- Lupas binoculares
- Contadores manuales de uno y varios conteos
- Pinzas, agujas enmangadas, placas de Petri, viales, gradillas, etc.
- Estadillos y material de papelería
- Filtro de 200 micras
- Vasos de precipitado
- Frascos lavadores
- Formol al 4%
- Fumigador a presión
- Claves de identificación, y otra bibliografía de interés.

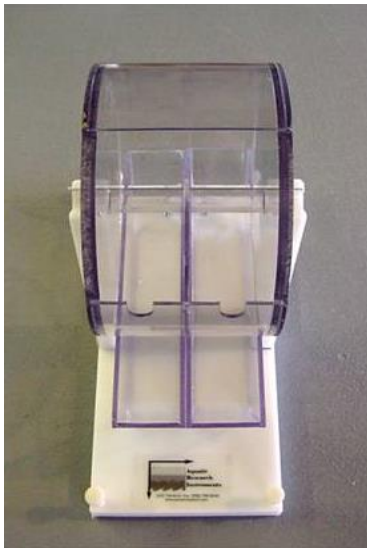


Figura 10 y 11. Muestreador Folsom (izda) y material de laboratorio para el procesamiento de muestras de ictioplancton (dcha).

RECUEENTOS DEL TRIADO DE MUESTRAS DE PLANCTON

CAMPANA		BARCO	
FECHA		TIPO DE ARRASTRE	
ESTACIÓN		MALLA	μ
COLECTOR TRIADO:			

VOLUMEN TOTAL	
VOLUMEN ZOOPLANCTON	
ALICUOTAS	
% TRIADO	
TIPOS PREDOMINANTES DE ZOOPLANCTON	
COMENTARIOS:	

ESPECIE	Nº HUEVOS	Nº LARVAS	OBSERVACIONES
TOTAL			

<u>Estadios</u>	<u>Nauplius</u>	<u>Protozoas</u>	<u>Mysis</u>	<u>Postlarvas</u>
Langostino				
Gamba				

Figura 12. Ejemplo de estadillo en el que se detallan los distintos apartados relacionados con el muestreo de huevos y larvas, además de la información relacionada con la campaña y datos de volumen. Se incluye también un apartado para anotar las fases de larvas de langostinos y gambas que se utilizan en otros estudios.

3.2.2. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Una vez separadas las larvas del total de las muestras, se procedió a su identificación con la ayuda de guías de identificación de especies, hasta el menor nivel taxonómico posible. Los principales caracteres identificativos utilizados para poder identificar las larvas de peces son:

1. Caracteres morfométricos

- (i) La forma general del cuerpo (anguiliforme, fusiforme, comprimida lateralmente o formas aberrantes) permite realizar una primera selección.
- (ii) Las medidas de la morfometría más precisas permiten continuar el proceso de determinación, pudiendo discriminar entre familias, géneros e incluso especies (Wallus *et al.*, 1990) (Figura 13). El mayor problema que afecta a este tipo de caracteres es el encogimiento causado por el proceso de captura y fijación, que puede alcanzar valores cercanos al 50%. El encogimiento es debido en parte al agente fijador, pero sobre todo a la muerte de la larva, incrementándose rápidamente tras ese momento.

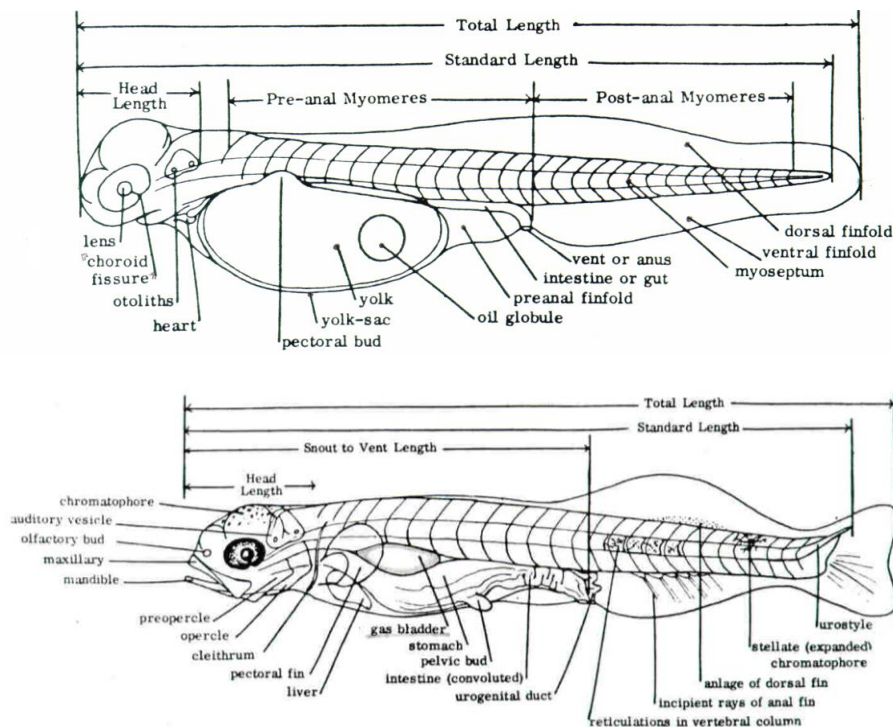


Figura 13. Representaciones esquemáticas de la estructura y órganos internos de ejemplares larvarios (Wallus *et al.*, 1990).

2. Caracteres merísticos

Son aquellos caracteres susceptibles de ser contados, como número de miómeros, vértebras o radios de aletas. Son más útiles que los morfométricos para identificar las especies, ya que al contrario que éstos no suelen sufrir variaciones una vez formados en la fase larvaria. Sin embargo, los radios de las aletas, excepto en casos de desarrollo precoz, no se encuentran totalmente formados en las larvas que no han completado el proceso de flexión del urostilo, que son, por otra parte, las más abundantes en las muestras. Para el correcto recuento de vértebras y miómeros es conveniente el uso de técnicas de tinción o radiográficas, lo que limita el uso de tipo de caracteres.

3. Patrón de pigmentación. Tipo, número y disposición de melanóforos

El patrón de pigmentación es posiblemente el carácter más utilizado para distinguir las especies de una misma familia o género (Britz y Kottelat, 2008, Ré y Meneses, 2009) en las figuras 14 y 15. Las muestras fijadas en formol sólo conservan la melanina, por lo que la mayoría de las descripciones hacen referencia únicamente a la distribución de los melanóforos. Existe un cierto grado de variabilidad tanto en su forma como su distribución. Tras períodos de conservación prolongados o inadecuados la pigmentación puede perderse o difuminarse, por lo que estos caracteres deben ser interpretados con cautela.

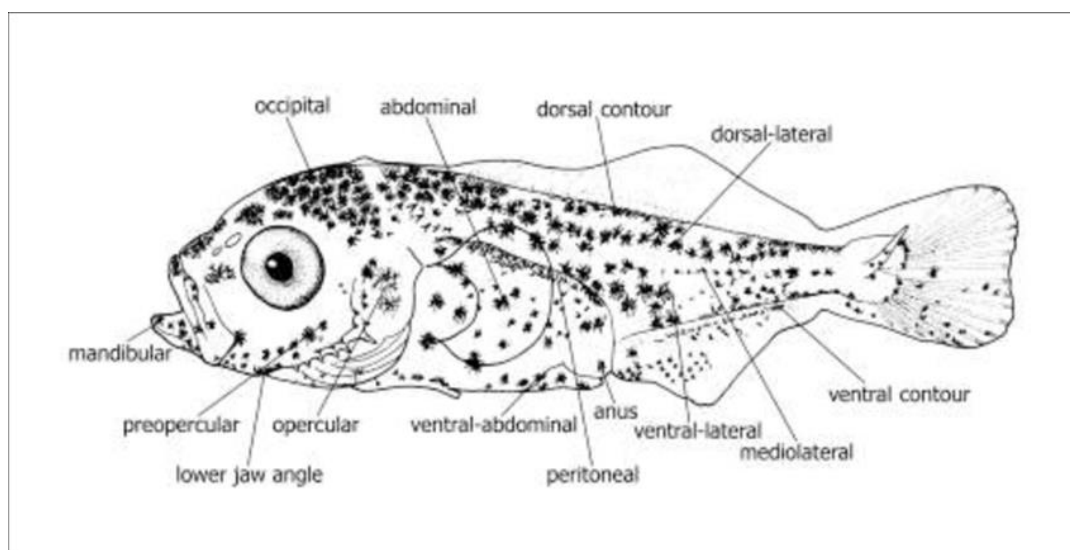


Figura 14. Tipos de pigmentación en larvas y su localización en el cuerpo (Ré y Meneses, 2009)

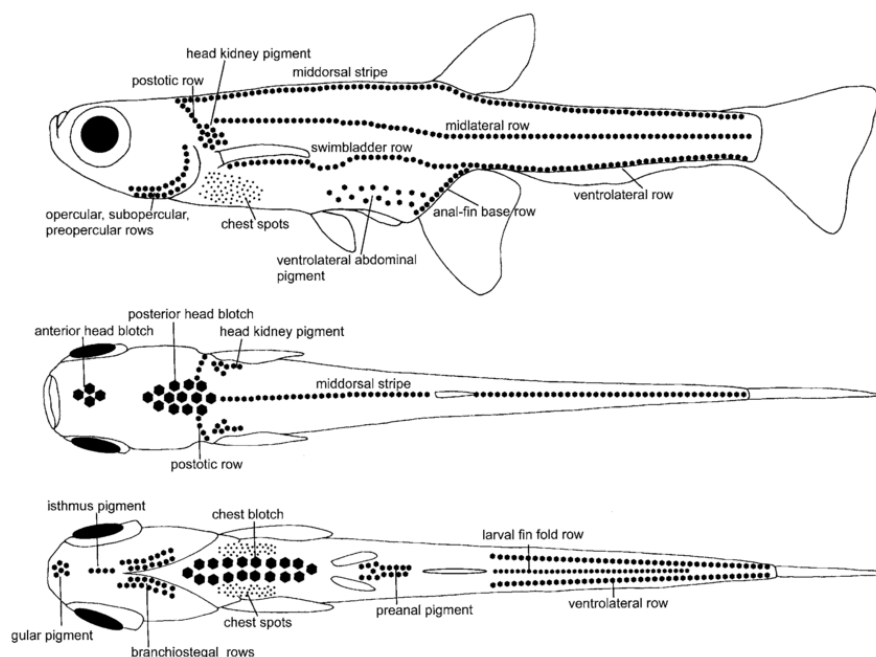


Figura 15. Disposición de los pigmentos en distintas vistas del cuerpo larvario (Britz y Kottelat, 2008).

4. Caracteres larvarios especializados

Existen numerosos caracteres que son específicos de la fase larvaria, perdiéndose durante la metamorfosis. Son el resultado de la presión evolutiva que actúa sobre esas formas planctónicas, en un entorno muy diferente al de los adultos. La presencia de estos caracteres (armaduras craneales, radios prolongados, espinas operculares, aletas precozmente desarrolladas, etc.) facilita mucho la identificación.

5. Otros caracteres. Como la presencia/ausencia de vejiga natatoria o forma y disposición de los ojos

Una vez identificadas, las larvas fueron conservadas en viales de 5 ml con formol al 4%, y una etiqueta indicando el nombre científico y toda la información correspondiente a la fecha y la estación donde se capturaron.

Posteriormente, se informatizaron los datos en una hoja de cálculo que englobaba todos los datos de abundancia de larvas por especie o grupo taxonómico, así como toda la información correspondiente a la campaña: hora inicial y final del

muestreo, la latitud inicial y final, la longitud inicial y final, el estado del mar y cielo, la fase del día y el volumen total recogido para cada muestra.

Se obtuvieron gráficos sobre abundancia/hora, total y para cada grupo taxonómico, y la composición larvaria en cada hora de muestreo. Se realizó un análisis clúster en el que las abundancias de larvas se transformaron a su raíz cuarta y se obtuvieron índices de similaridad de Bray-Curtis (1957).

En la misma estación donde se realizaron los muestreos de neuston, también se se tomaron datos de variables físicas de la columna de agua con un CTD Seabird 9+. Para este trabajo, se presentan los datos de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, fluorescencia y turbidez en superficie.

4. RESULTADOS

4.1. VARIABLES FÍSICAS

El rango de valores obtenido para las diferentes variables físicas a lo largo del periodo de 24 horas analizado se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores mínimos, máximos y media de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fluorescencia y turbidez superficial medidos en sus respectivas unidades. Campaña STOCA 201806.

	Temperatura (°C)	Salinidad (PSU)	Oxígeno disuelto [ml/l]	Fluorescencia [mg/m3]	Turbidez [NTU]
Mínimo	21,35	35,77	4,80	0,70	1,42
Máximo	22,77	35,90	5,38	2,35	2,40
Media	22,34	35,82	5,11	1,24	1,63

Las variaciones en los valores de temperatura y salinidad durante todo el muestreo han sido prácticamente despreciables, con 1,42°C entre la temperatura máxima y mínima registradas, y apenas 0.13 unidades PSU en la salinidad. La temperatura se mantuvo estable en las zonas centrales del día, mostrando algunas oscilaciones entre las 12:00 h y 18:00 h y algunas horas de la madrugada, pero solo variaciones de medio grado de magnitud. La salinidad mantuvo un patrón similar a la temperatura, aumentaba a medida que la temperatura disminuía y viceversa. (Figura 16).

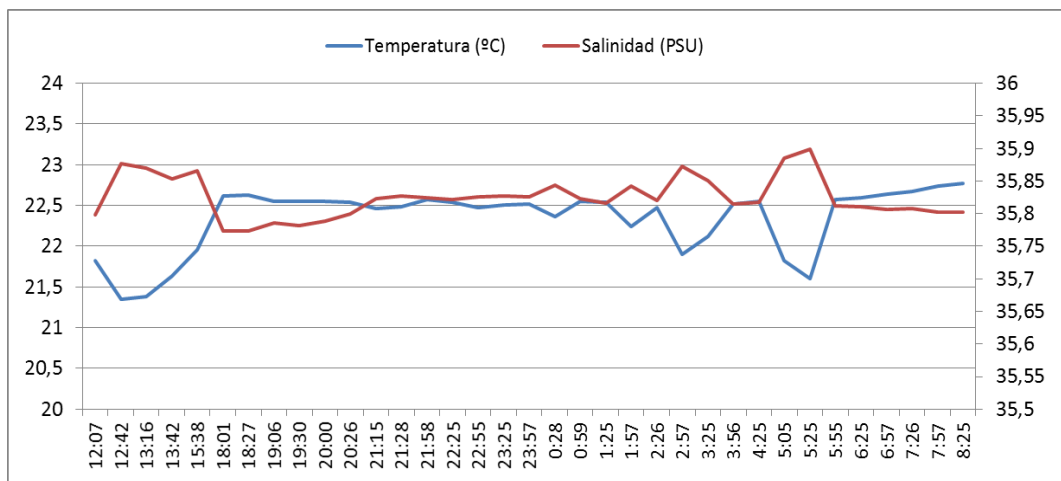


Figura 16. Variación de la temperatura (°C) y salinidad (PSU) a lo largo del día.

El oxígeno disuelto alcanzó sus valores máximos a mediodía (12:00 h) y descendió gradualmente a medida que avanzaba el día alcanzando valores mínimos a las 5:25 h. La fluorescencia fue mayor a primeras horas de la tarde y descendió progresivamente dándose picos puntuales en algunas horas de la madrugada. La turbidez se mantuvo estable en la mayoría de horas del día y parte de la noche y aumentó por la madrugada (Figura 17). En todos los casos, las variaciones registradas han tenido un orden de magnitud muy pequeño.

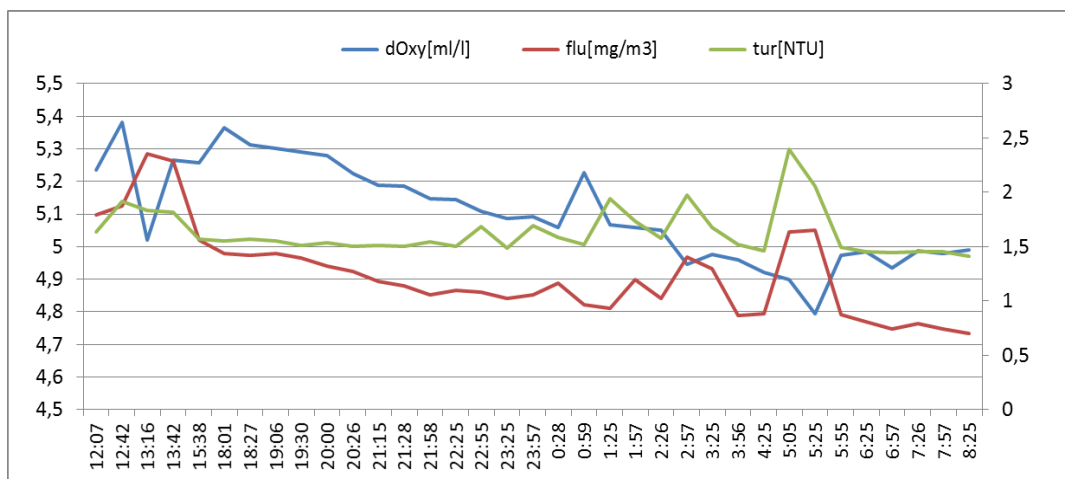


Figura 17. Variación del oxígeno disuelto (ml/L), fluorescencia (mg/m³) y turbidez (NTU) a lo largo del día.

4.2. ABUNDANCIA TOTAL Y COMPOSICIÓN LARVARIA DEL NEUSTON

Se analizaron 23 muestras correspondientes a cada hora de muestreo. Se contabilizaron un total de 6439 larvas, de las cuales el 80,6 % fueron identificadas al menos a nivel de familia.

En relación a la composición taxonómica de las larvas capturadas, se identificaron ejemplares pertenecientes a 18 familias: Engraulidae, Clupeidae, Gobiidae, Blennidae, Belonidae, Sparidae, Serranidae, Mullidae, Soleidae, Scianidae, Carangidae, Callionymidae, Labridae, Mugilidae, Bothidae, Myctophidae, Scombridae y Sphyraenidae.

Del total de larvas capturadas en el total de las muestras, el 32 % pertenece a ejemplares de la Familia Blennidae, concretamente a la especie *Parablennius pilicornis* (Cuvier, 1829), un 18 % a larvas de boquerón (*Engraulis encrasicolus*, Linneo, 1758), un 12% a larvas de la familia Sparidae, el 6% a la Familia Carangidae, el 5% larvas de Gobiidae y un 4%, ejemplares de la familia Clupeidae (Figura 18). El resto de familias estuvieron representadas en menor proporción, no alcanzando ninguna de ellas el 2% (Tabla 2). En la Figura 19 se muestra el número de larvas pertenecientes a los 24 grupos taxonómicos identificados.

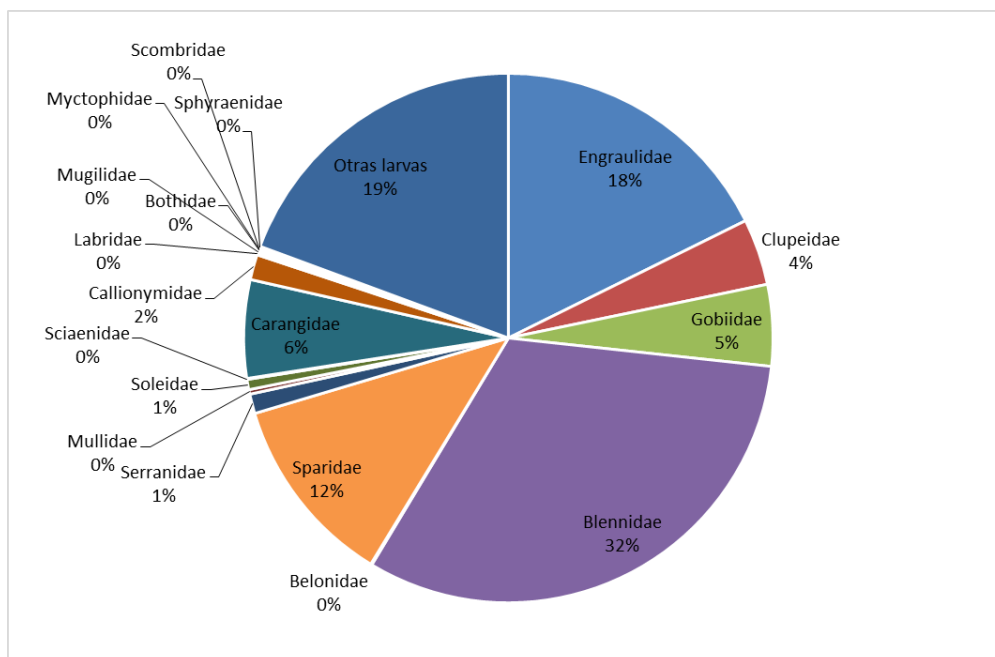


Figura 18. Importancia relativa (en % de la abundancia) de las diferentes familias presentes en el muestreo de neuston (campana STOCA 201806).

Tabla 2. Abundancia en número y % de las diferentes familias presentes en el muestreo de neuston (campaña STOCA 201806).

Familia	Número	% Número
Blennidae	2055	31,91
Engraulidae	1139	17,69
Sparidae	753	11,69
Carangidae	386	5,99
Gobiidae	320	4,97
Clupeidae	261	4,05
Callionymidae	99	1,54
Serranidae	77	1,20
Soleidae	40	0,62
Mullidae	18	0,28
Mugilidae	10	0,16
Labridae	9	0,14
Scombridae	7	0,11
Belonidae	5	0,08
Sphyraenidae	5	0,08
Sciaenidae	4	0,06
Bothidae	2	0,03
Myctophidae	2	0,03
Otras larvas	1247	19,4

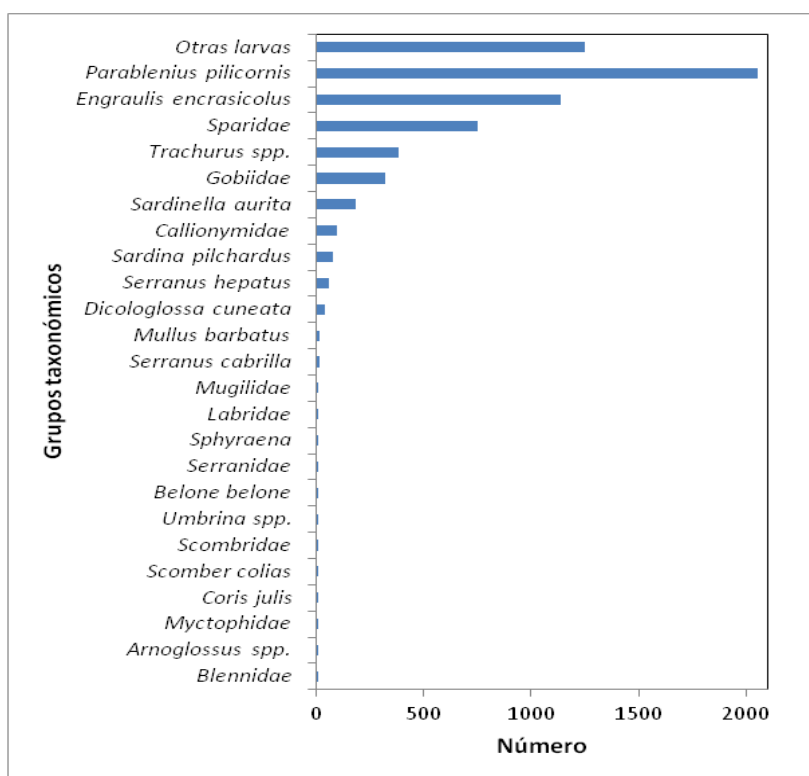


Figura 19. Número de larvas capturadas durante el muestreo de neuston para cada uno de los grupos taxonómicos identificados (campaña STOCA 201806).

4.3. VARIACIÓN HORARIA DE LA ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN LARVARIA DEL NEUSTON

El rango horario en el cual se obtuvo una mayor abundancia de larvas (en número) fue entre las 12:00 y 16:00 h, registrándose el máximo número de larvas a las 14:00 y a las 16:00 h. También el número de larvas fue elevado entre las 04:00 y 07:00 h (Figura 20).

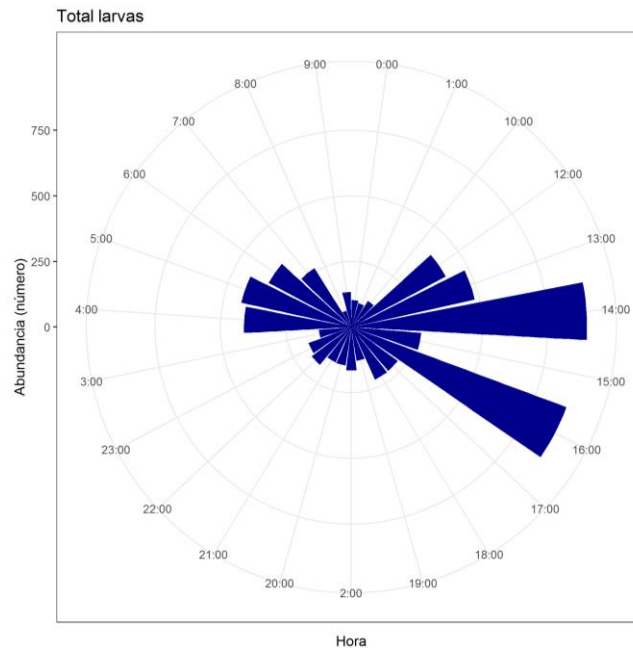


Figura 20. Abundancia total en número de larvas dependiendo de la hora del día.

Se realizó un análisis de cluster para testar la similaridad en la composición de las comunidades de larvas presentes en el neuston, según el rango horario. Las muestras que se obtuvieron durante las horas de sol tienen una mayor similaridad entre ellas, esto también ocurre entre las muestras que se obtuvieron de noche (Figura 21).

Se distinguen subgrupos dentro de las grandes agrupaciones diurnas como la relación entre las muestras de las 12:00 h (VN-01) a y las 17:00 h (VN-06) por un lado, VN-19 (6:00 h) y VN-20 (7:00 h), y las correspondientes a VN-07 (18:00 h), VN-08 (19:00 h), VN-10 (21:00 h) y VN-22 (9:00 h). Anotar que la muestra VN-19 se tomó al amanecer, y la VN-10 al anochecer.

Dentro de las muestras “nocturnas”, existen dos subgrupos principales: VN-11 (22:00 h), VN-12 (23:00 h), VN-15 (1:00 h), VN-17 (4:00 h) y VN-18 (5:00 h) como

primer grupo y el compuesto por las muestras VN-09 (20:00 h), VN-13 (0:00 h), VN-14 (1:00 h), VN-16 (3:00 h) y VN-23 (10:00 h).

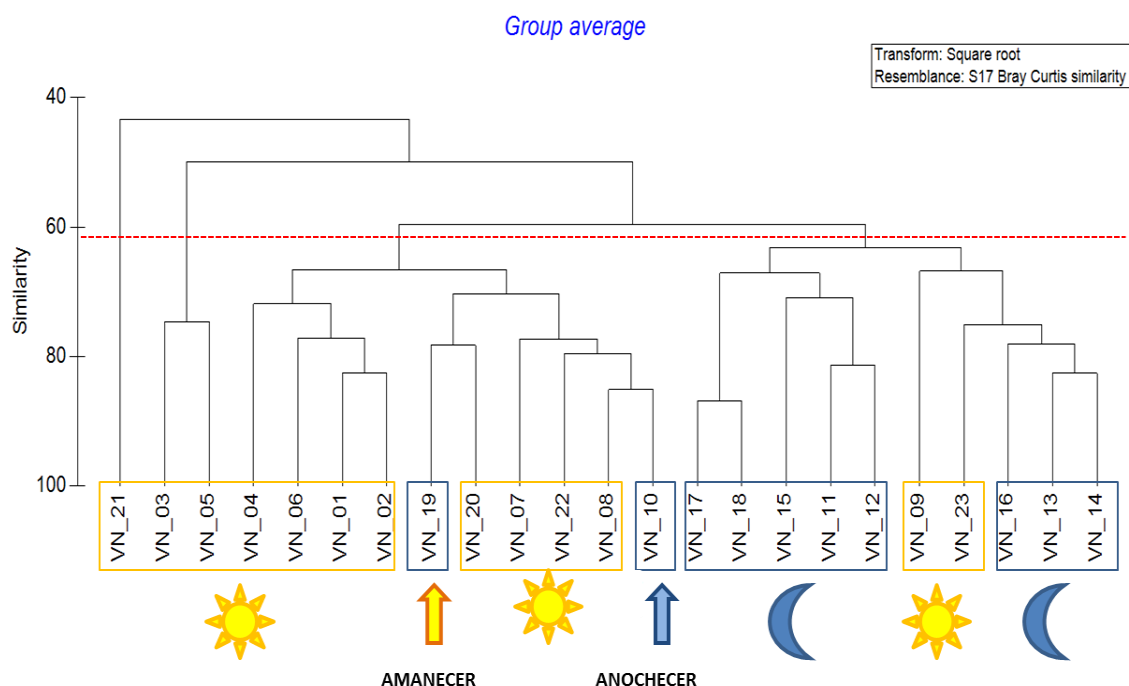


Figura 21. Dendrograma resultado del Análisis cluster de las estaciones donde se recogieron las muestras e índices de similitud de Bray-Curtis. Se indican el amanecer y atardecer y las estaciones que de las que se recogieron larvas por el día y la noche.

La composición larvaria en las muestras de neuston obtenidas para cada hora de muestreo se muestra en la Figura 22. Las especies *Engraulis encrasicolus* y *Parablennius pilicornis* se encontraron en todas las horas de muestreo, y estas dos especies han sido las más abundantes en la mayoría de tramos horarios.

A las 12:00, la especie con mayor proporción es *E. encrasicolus* (35 %) seguida de *P. pilicornis* (21 %). Las familias Sparidae (11 %) y Gobiidae (10 %) y las especies *Trachurus spp.* (11 %) y *Sardinella aurita* (1 %) (Valenciennes, 1847) aparecieron en menor proporción.

A las 13:00, *P. pilicornis* (51 %) es la especie larvaria de mayor proporción, que se mantiene en primer lugar hasta las 17:00, las otras larvas que aparecieron a las 12:00 cambian su proporción a esta hora.

A las 14:00, aparecen larvas nuevas como *Dicologlossa cuneata* (4 %) (Linneo, 1758), *Serranus cabrilla* (1 %) (Linneo, 1758) y *Mullus barbatus* (1 %) (Linneo, 1758) en un número muy bajo. También aparecieron larvas presentes en la hora anterior

A las 15:00, no se encontraron larvas de *D.cuneata* y *S.cabrilla*, pero sí de *M.barbatus* (3 %).

A las 16:00, la proporción de *P.pilicornis* fue la mayor en relación a las otras larvas (67 %), aparecen larvas de *Sardina pilchardus* (2 %) (Walbaum, 1792) y desaparecen las larvas de *M.barbatus* y Gobiidae.

A las 17:00, dejan de aparecer larvas de *S.pilchardus*. La proporción las demás larvas es *P. pilicornis* (27 %), *E. encrasicolus* (21 %), *S. aurita* (14 %) y Sparidae (14 %), Gobiidae (10 %) y Trachurus (4 %).

A las 18:00, la especie con mayor proporción cambia a *E. encrasicolus* (31 %), que se mantiene en mayor número hasta las 23:00 excluyendo a otras larvas, seguido de *P.pilicornis* (22 %) y ejemplares de Sparidae (7 %) y *Trachurus spp.* (5 %).

A las 19:00, *E. encrasicolus* alcanza una proporción del 54 %, Trachurus spp. desaparece y se vuelven a encontrar *S.aurita* (4 %) y Gobiidae (4 %).

A las 20:00, se observaron por primera vez la familias Myctophidae (1 %) y Callionymidae (4 %) y la especie *Coris julis* (2 %) (Linneo, 1758).

A las 21:00, desaparecen las larvas de los tres grupos antes mencionados.

A las 22:00, aparece por primera vez la especie *Serranus hepatus* (1 %) (Linneo, 1758) y vuelven a aparecer larvas de la familia Callionymidae (3 %).

A las 23:00, se aprecia por primera vez la familia Labridae (2 %).

A las 0:00, la familia Gobiidae y la especie *P.pilicornis* se encuentran en la misma proporción (14 %), se observan por primera vez ejemplares de *Belone belone* (2 %) (Bonaparte, 1832), Blennidae (1 %) y Mugilidae (1 %).

A las 1:00, la familia Gobiidae aparece en mayor proporción (15 %), seguido de la familia Sparidae (11 %), *P.pilicornis* (9 %), *Trachurus spp.* (7 %), *E. encrasicolus* (6 %), Callionymidae (4 %), *S. hepatus* (2 %) y *S. aurita* (1 %).

A las 2:00, la familia Gobiidae alcanza su número más alto (20 %), seguido de *E. encrasicolus* (14 %), *Trachurus spp.* (7 %), Callionymidae (7 %), Serranidae (3 %), *P.pilicornis* (1 %) y Labridae (1 %) y *Arnoglossus spp.* (1 %).

A las 3:00, *P. pilicornis* y Sparidae tienen la misma proporción (14 %), *E. encrasicolus* (10 %), Callionymidae (8 %), Gobiidae (7 %), *Trachurus spp.* (6 %), *S.aurita* (3 %), *S.pilchardus* (1 %) y Labridae (1 %) y Mugilidae (1 %).

A las 4:00, se encontraron *E. encrasicolus* (22 %), *P. pilicornis* (11 %), *Trachurus spp.* (8 %), Callionymidae (7 %), Gobiidae (7 %), *S.pilchardus* (5 %), Sparidae (4 %), *S. hepatus* (3 %), *B. belone* (1 %) y *Scomber colias* (1 %).

A las 5:00, aparecieron *E. encrasicolus* (24 %), *P.pilicornis* (8 %), *S. hepatus* (6 %), *Trachurus spp.* (6 %), Sparidae (6 %), Gobiidae (5 %), *S. pilchardus* (4 %), Callionymidae (3 %) y Mugilidae (1 %) y *Sphyræna spp.* (1 %).

A las 6:00, se apreciaban *P.pilicornis* (24 %), *Trachurus spp.* (15 %), *E. encrasicolus* (11 %), Sparidae (9 %), *S. aurita* (2 %) y *S. hepatus* (1 %) y Callionymidae (1 %).

A las 7:00, la proporción fue *E. encrasicolus* (26 %), *S. aurita* (11 %), *Trachurus spp.* (8 %), Sparidae (8 %), *P. pilicornis* (7 %), Callionymidae (4 %), *S. cabrilla* (2 %) y *Umbrina spp.* (2 %).

A las 8:00, se encontraron *E. encrasicolus* (27 %), *Trachurus spp.* (8 %), *P. pilicornis* (5 %), *S. aurita* (5 %), Mugilidae (5 %).

A las 9:00, la proporción larvaria fue de *E. encrasicolus* (21 %), *P. pilicornis* (18 %), Sparidae (14 %), *S. aurita* (10 %) y *Trachurus spp.* (7 %).

A las 10:00, aparecieron *P. pilicornis* (55 %), Sparidae (9 %), Gobiidae (8 %), *Trachurus spp.* (8 %), *S. aurita* (8 %), *E. encrasicolus* (6 %), *Sphyræna spp.* (1 %), Mugilidae (1 %), Callionymidae (1 %) y *S. hepatus* (1 %).

Se observó una mayor riqueza de especies en los tramos de noche (21:00 a 8:00) que en los de día (9:00 a 20:00). A las 0:00 se pudo observar la mayor variedad de ejemplares larvarios apareciendo 13 ejemplares de 12 familias distintas lo cual hace este dato bastante interesante.

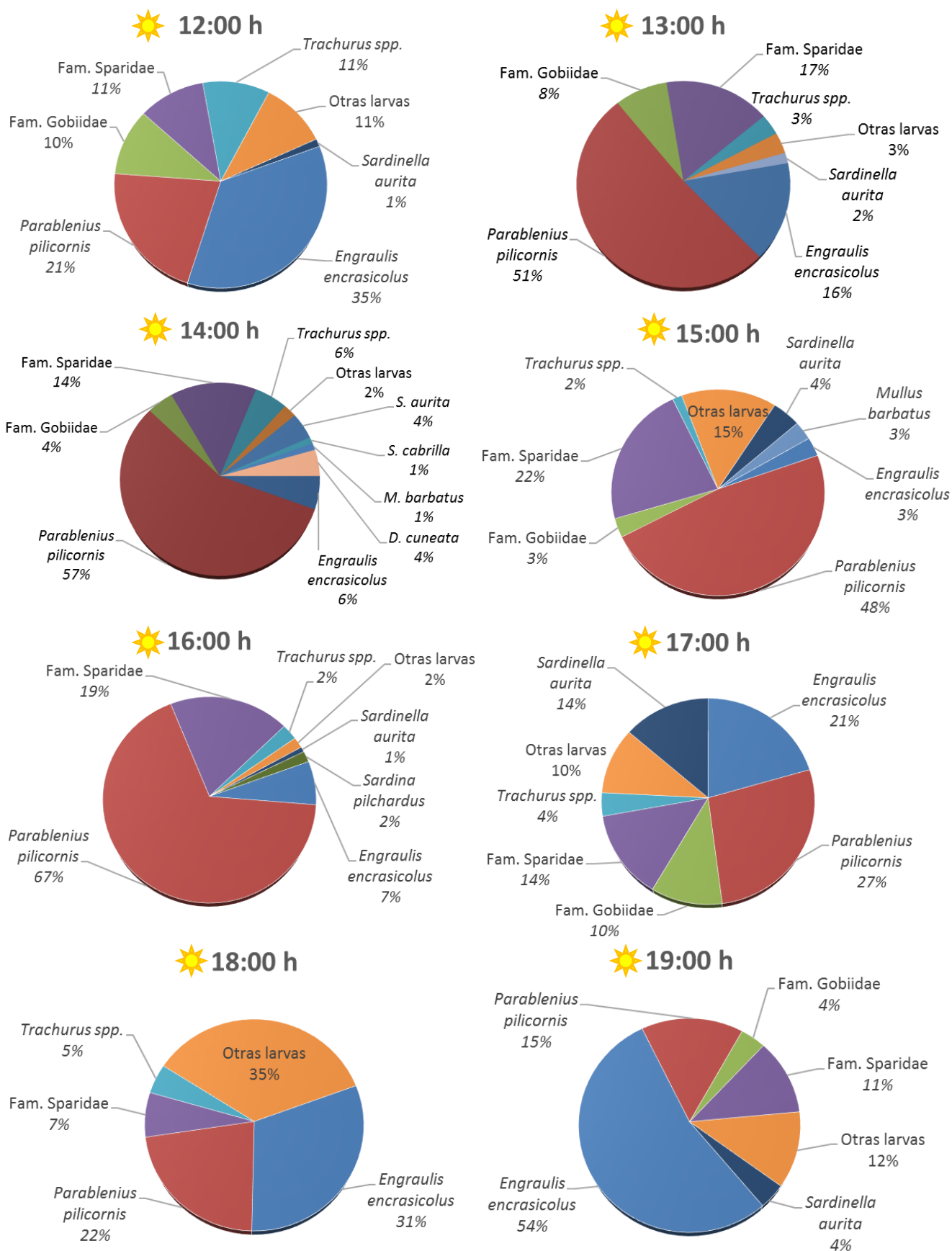


Figura 22. Importancia relativa (en % de la abundancia) de los diferentes taxones presentes en el muestreo de neuston en cada hora de muestreo (campaña STOCA 201806).

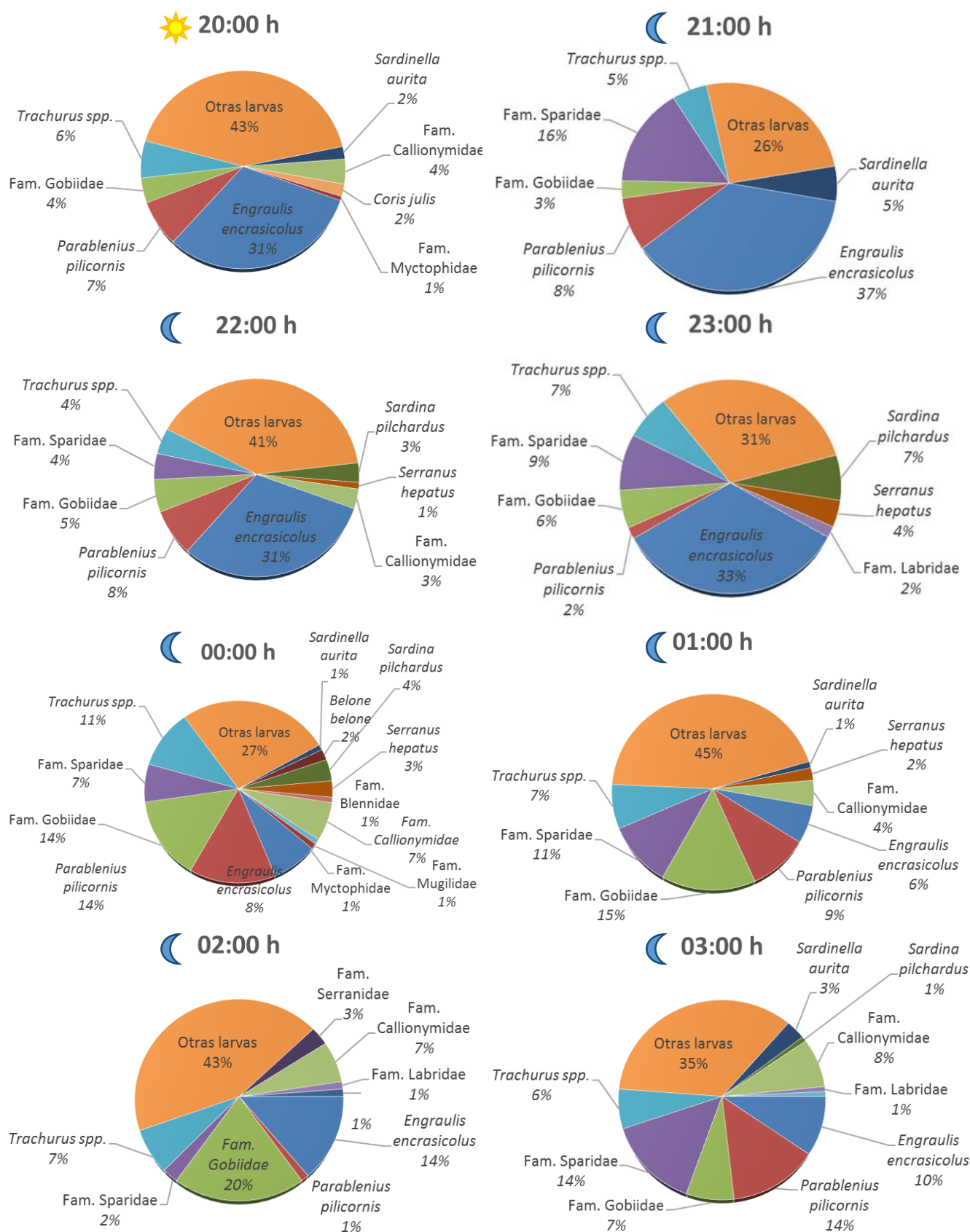


Figura 22 (cont.). Importancia relativa (en % de la abundancia) de los diferentes taxones presentes en el muestreo de neuston en cada hora de muestreo (campaña STOCA 201806).

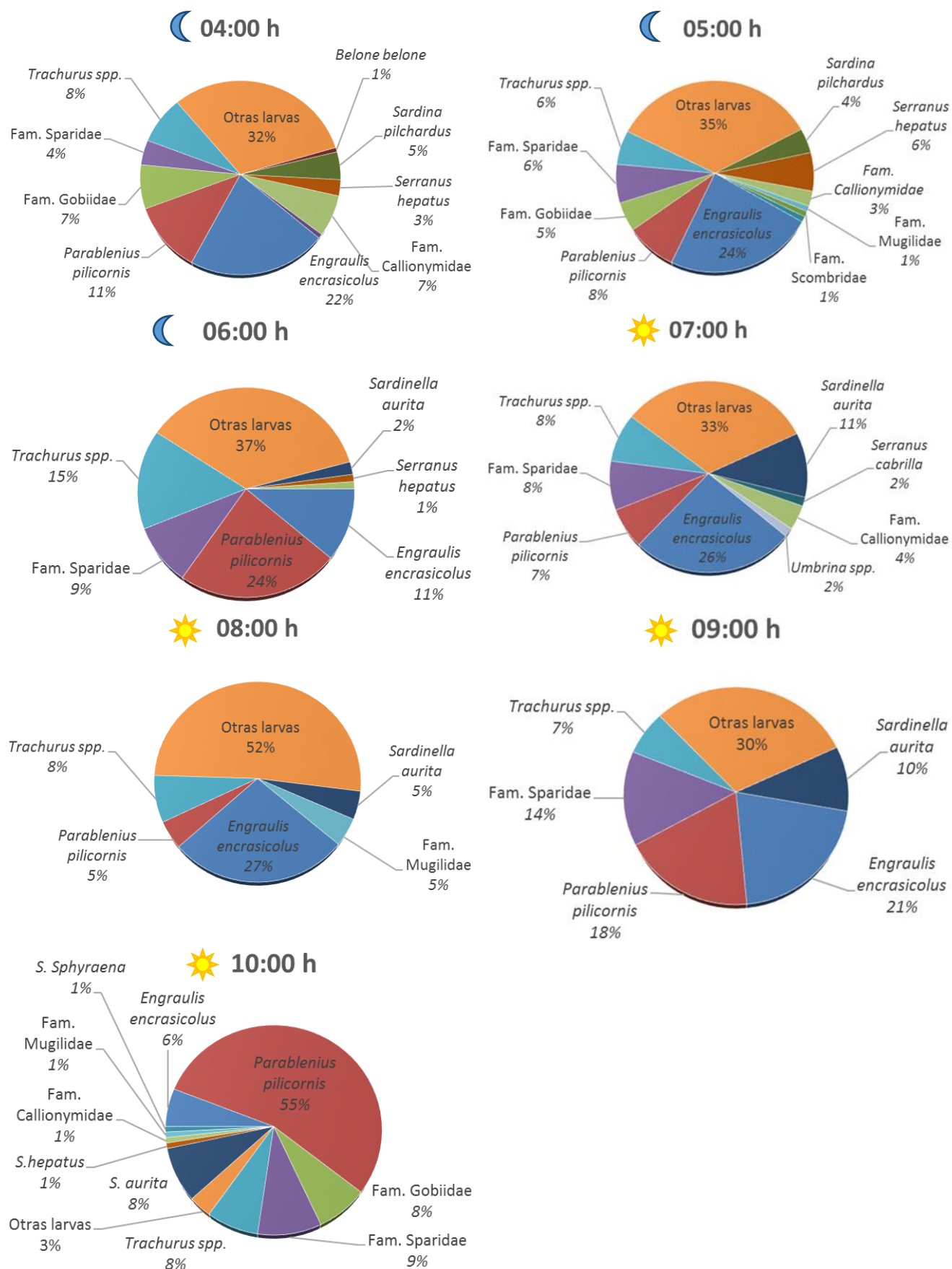


Figura 22 (cont.). Importancia relativa (en % de la abundancia) de los diferentes taxones presentes en el muestreo de neuston en cada hora de muestreo (campaña STOCA 201806).

4.4. VARIACIÓN HORARIA DE LA ABUNDANCIA DE LARVAS PRESENTES EN EL NEUSTON POR GRUPO TAXONÓMICO

Engraulis encrasicolus

Se observaron picos de actividad a las 12:00, con más de 140 larvas, y durante algunas horas de la madrugada, 4:00 y 5:00 (Figura 23). Son una de las especies larvarias que se encuentran en todos los tramos horarios del muestreo.

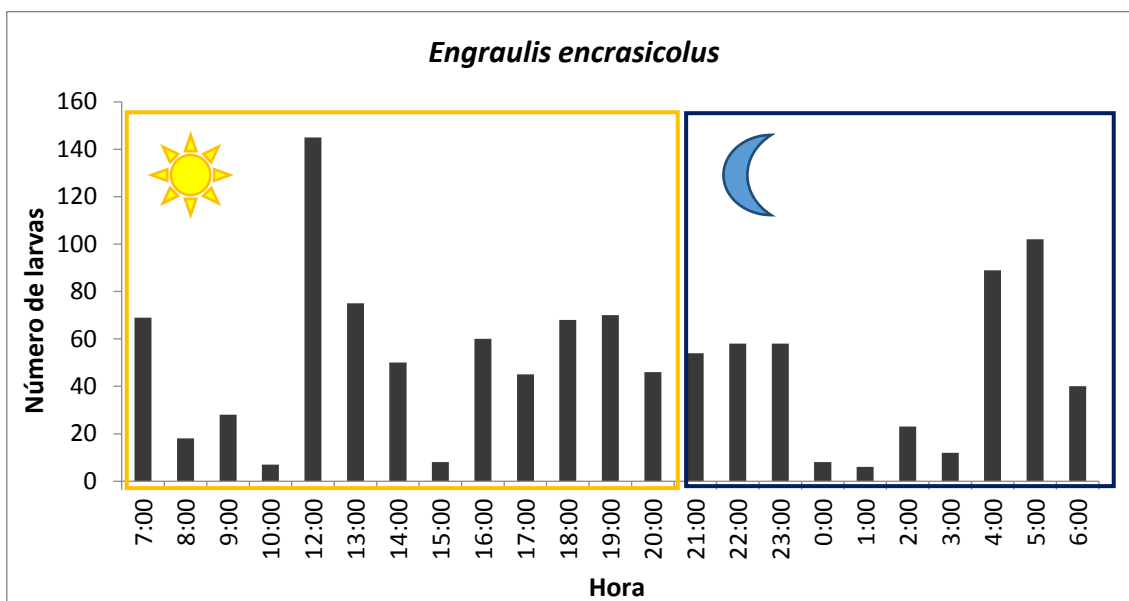


Figura 23. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de *Engraulis encrasicolus* presentes en el neuston según la hora del día.

Familia Gobiidae

Larvas de esta familia se han encontrado en mayor abundancia a mediodía con 40 a 45 ejemplares, y a las 2:00h y 4:00h de la noche, aunque su captura fue menor. Hubo horas en las que no se capturó ninguna larva de góbidos, sobre todo entre las 6 y la 9:00 h (Figura 24).

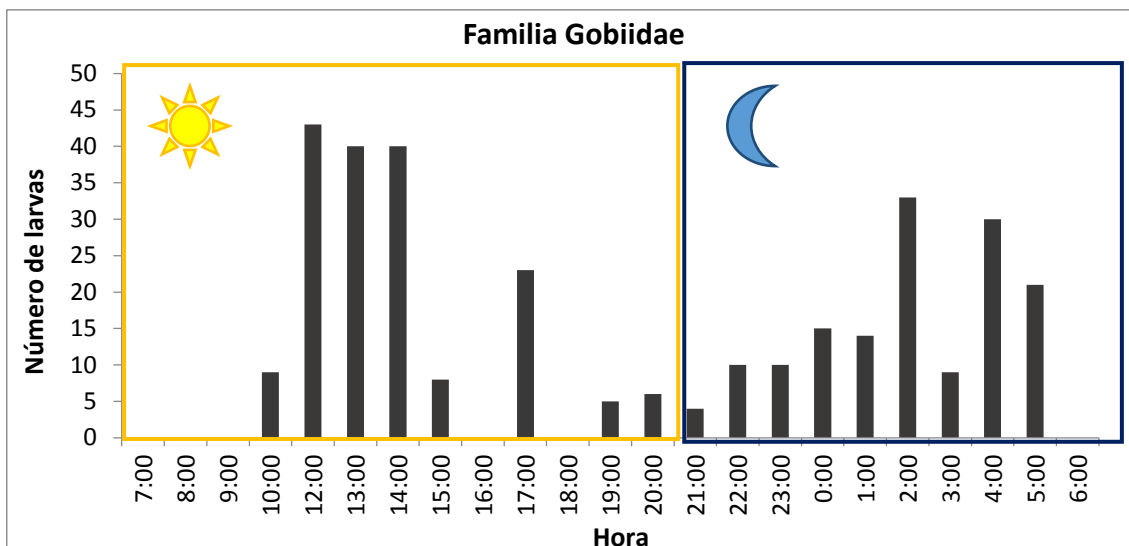


Figura 24. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la Familia Gobiidae presentes en el neuston según la hora del día.

Parablennius pilicornis

Es una de las especies más abundantes en el estudio, llegándose a capturar unas 600 larvas a las 16:00 h. Es, junto al boquerón, la especie cuya aparición se mantuvo a lo largo de todas las horas en mayor o menor medida. Tiene un marcado carácter diurno, con picos a las primeras horas de la tarde, aunque a las 15:00 h hay una bajada en número importante si la comparamos con las dos horas adyacentes. Su aparición se reduce drásticamente a partir del anochecer si la comparamos con las horas de sol (Figura 25).

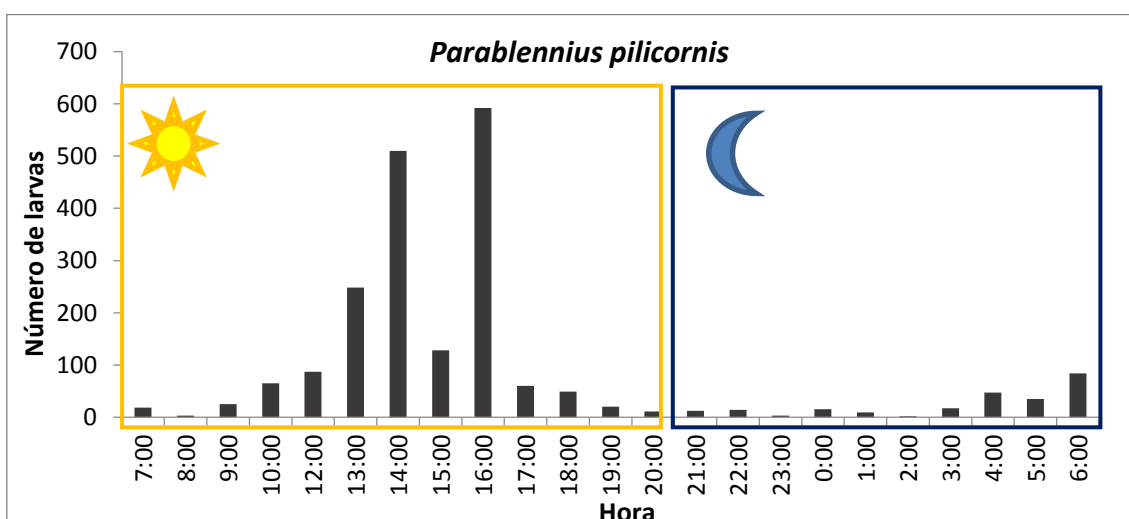


Figura 25. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de *Parablennius pilicornis* presentes en el neuston según la hora del día.

Familia Sparidae

La captura de ejemplares de esta familia aumenta a medida que avanza la mañana, hasta contabilizar 165 larvas a las 16:00 h de la tarde, desde ese punto comienza a descender de forma rápida para volver a aumentar a partir de las 3:00 (Figura 26).

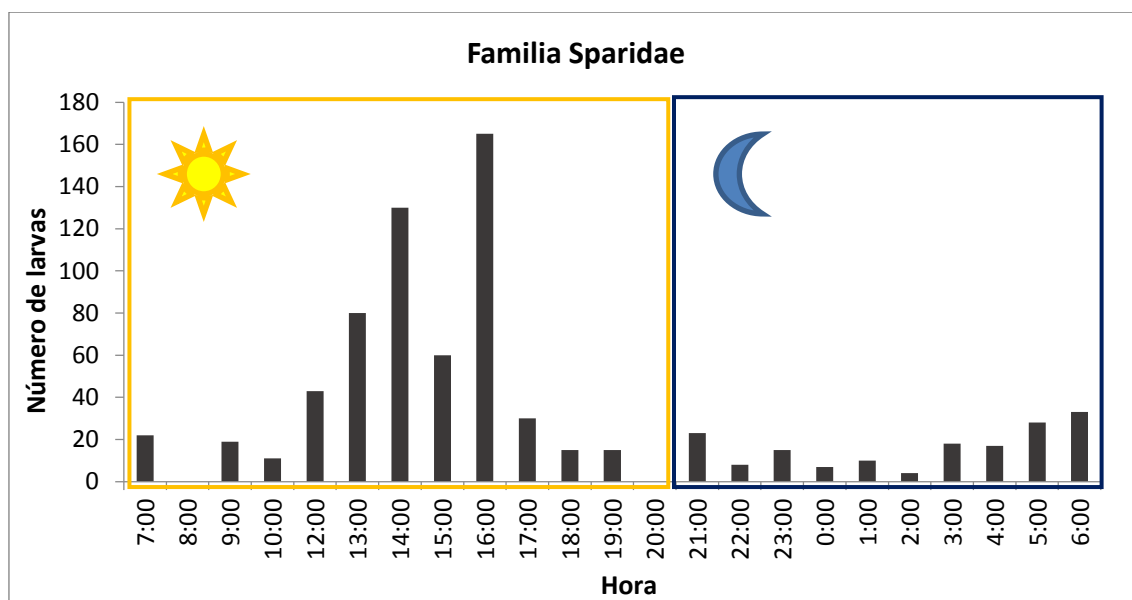


Figura 26. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Sparidae presentes en el neuston según la hora del día.

Familia Clupeidae

En esta familia, la especie *Sardinella aurita* tiene una mayor presencia en número en relación a *Sardina pilchardus*, aunque con ritmos temporales marcadamente diferentes.

S. aurita tiene una mayor aparición en el tramo de día llegando a su máximo por la tarde, por la noche cae y vuelve a aparecer justo antes del amanecer. Con respecto a *S. pilchardus*, su pico de presencia máxima se encuentra por la madrugada aunque se observa también una cantidad considerable a las 17:00 h.

Ambas especies parecen seguir una tendencia de no solaparse una con respecto a la otra, es decir, cuando aparece una especie no suele aparecer la otra y viceversa y en el caso de aparecer las dos siempre hay una que está en mayor proporción (Figura 27).

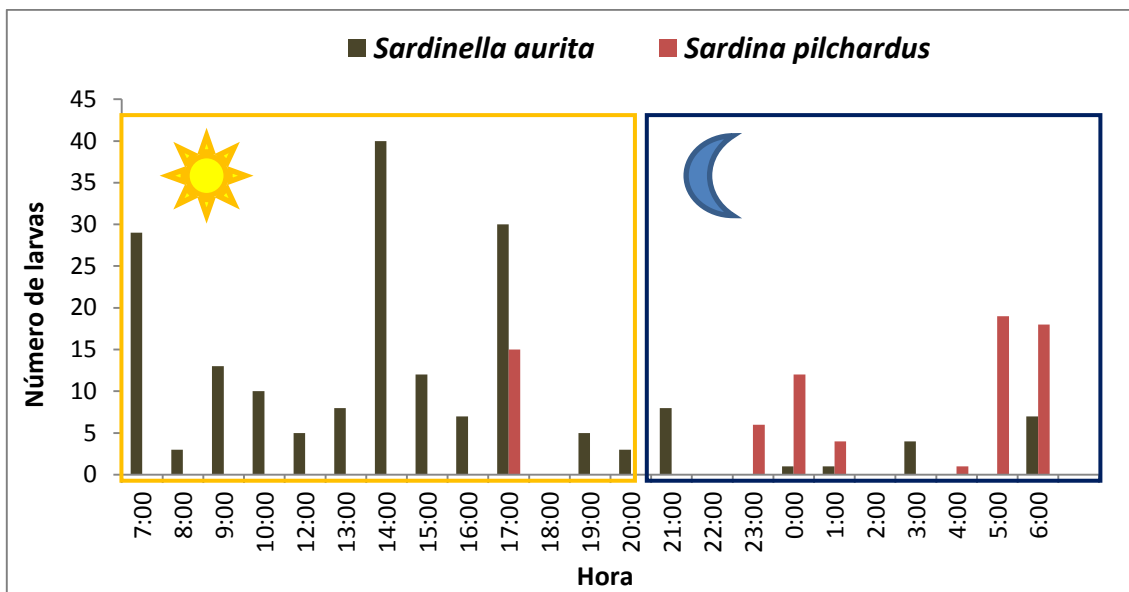


Figura 27. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Clupeidae (*Sardina pilchardus* y *Sardinella aurita*) presentes en el neuston según la hora del día.

Trachurus spp.

Los ejemplares de este género son capturados en todas las horas salvo a las 19:00 h. Tiene actividad tanto por el día como por la noche y se observaron dos picos de máxima abundancia, a mediodía y por la tarde. Su presencia en el neuston aumenta desde las 4:00 h hasta las 6:00 h que es cuando se ve el mayor número de ejemplares (Figura 28).

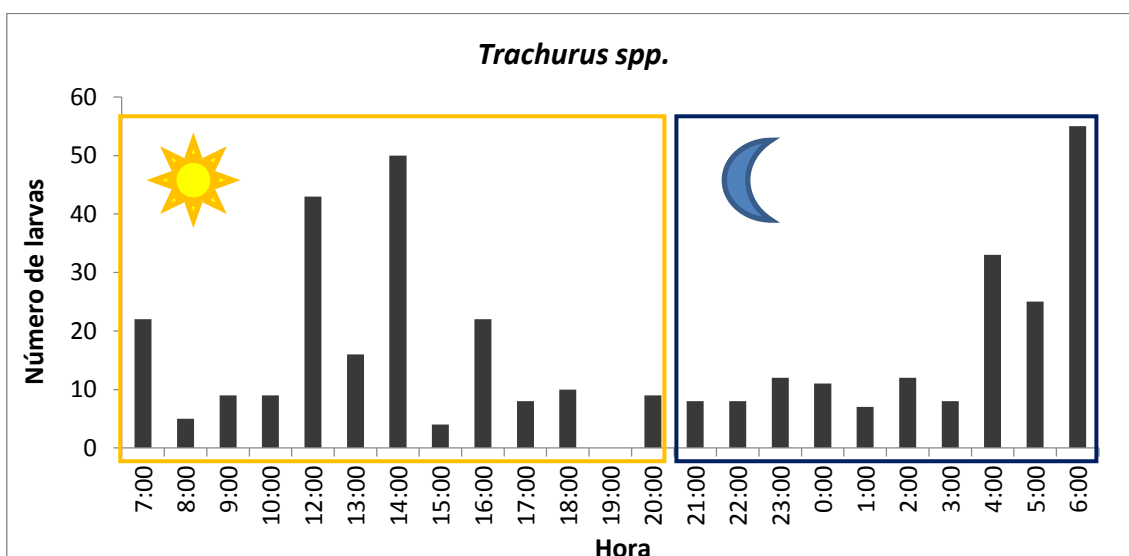


Figura 28. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de *Trachurus spp.* presentes en el neuston según la hora del día.

Familia Callionymidae

Las larvas de la familia Callionymidae presentan un marcado patrón nocturno en superficie, la mayor parte de la captura se obtiene desde el anochecer hasta el amanecer (Figura 29).

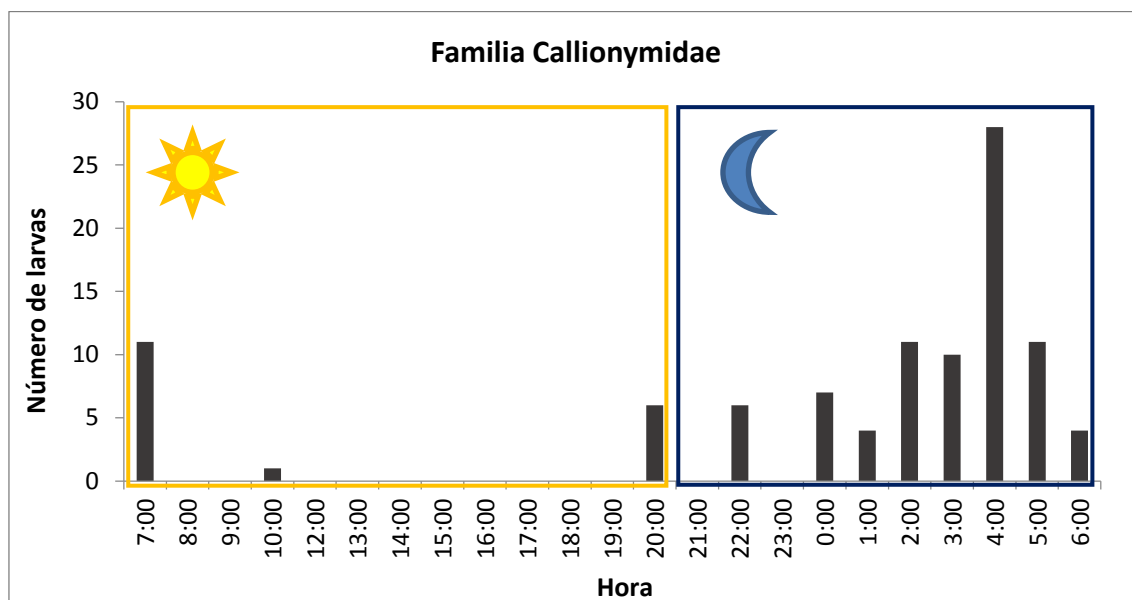


Figura 29. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Callionymidae presentes en el neuston según la hora del día.

Familia Serranidae

Se han capturado dos especies diferentes de la familia Serranidae, *Serranus hepatus* y *Serranus cabrilla*, además de otros ejemplares que no se pudieron identificar hasta el nivel de especie. *S. hepatus* es la especie más abundante seguido de *S. cabrilla*.

Las larvas de *S. cabrilla* solo se capturaron en las horas de luz alcanzando la mayor abundancia en número hacia las 14:00 h, mientras que larvas de *S. hepatus* han sido capturadas en las horas de noche aumentando hacia las 5:00 h, para disminuir cuando amanece. También se encontraron en pequeña cantidad a las 10:00 h. Los Serranidae sin identificar solo fueron capturados en las muestras obtenidas durante la madrugada (Figura 30).

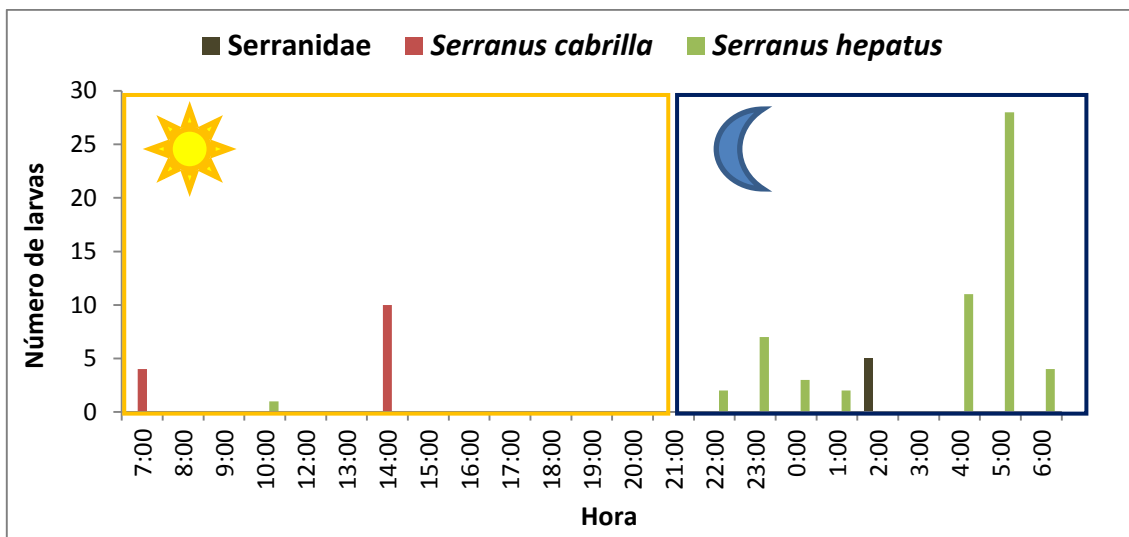


Figura 30. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de la familia Serranidae, *Serranus hepatus* y *Serranus cabrilla* presentes en el neuston según la hora del día.

Otras larvas

En esta apartado se describe el comportamiento del resto de grupos taxonómicos, que se han agrupado por representar abundancias muy pequeñas.

Las larvas de la familia Mugilidae fueron capturadas después de la medianoche y en horas tempranas de la mañana. Las larvas de *Mullus barbatus* solo aparecen en las capturas de las primeras horas de la tarde. Tanto los ejemplares de Blennidae sin identificar y la especie *Belone belone* se observaron en un número muy bajo a altas horas de la noche (Figura 31).

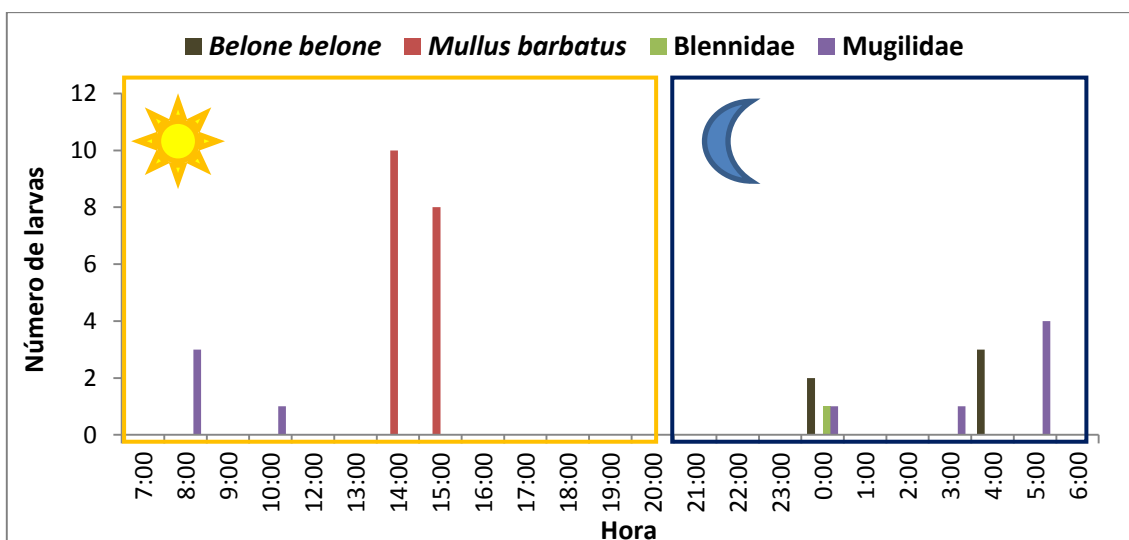


Figura 31. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de *Belone belone*, *Mullus barbatus* y familias Blennidae y Mugilidae presentes en el neuston según la hora del día.

Las larvas de *Coris julis* solo aparecen en cantidades pequeñas en los muestreos del atardecer. Los ejemplares de la familia Myctophidae solo se han observado al anochecer y a medianoche. Tanto las larvas de *Arnoglossus spp.* y Labridae se han capturado solamente en las horas nocturnas (Figura 32).

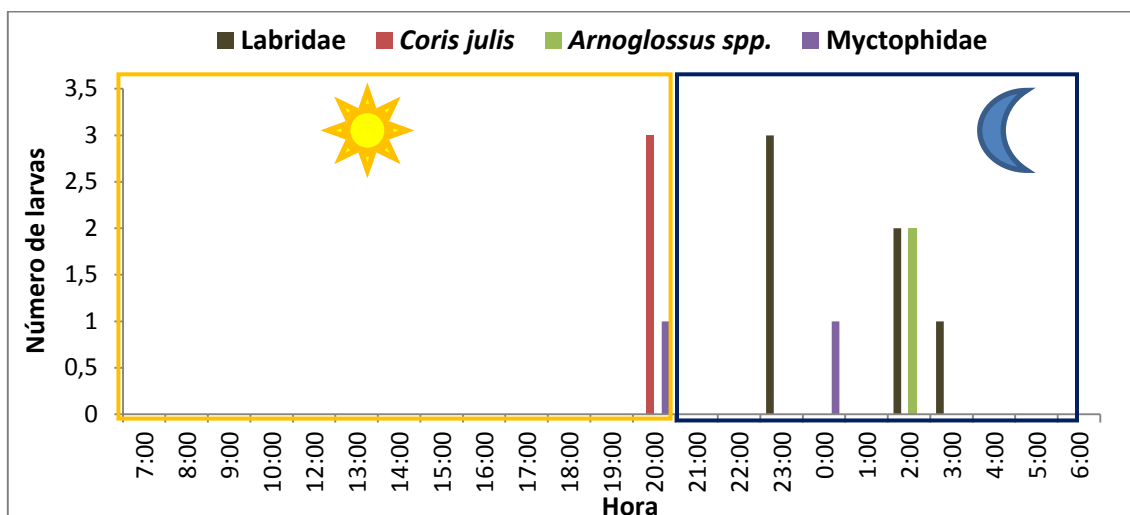


Figura 32. Campaña STOCA 201806. Golfo de Cádiz. Abundancia en número de larvas de *Coris julis*, *Arnoglossus spp.* y las familias Labridae y Myctophidae presentes en el neuston según la hora del día.

Se observó un alto número de larvas de la especie *Dicologlossa cuneata* (Linneo, 1758) perteneciente a la familia Soleidae, solo a las 14:00 h. Los ejemplares de *Umbrina spp.* Solo aparecieron en la muestra obtenida al amanecer. La familia Scombridae junto con los *Scomber colias* se capturaron a altas horas de la madrugada. La especie *Sphyraena spp.* Apareció tanto por el día como por la noche, aunque en un número muy bajo (Figura 33).

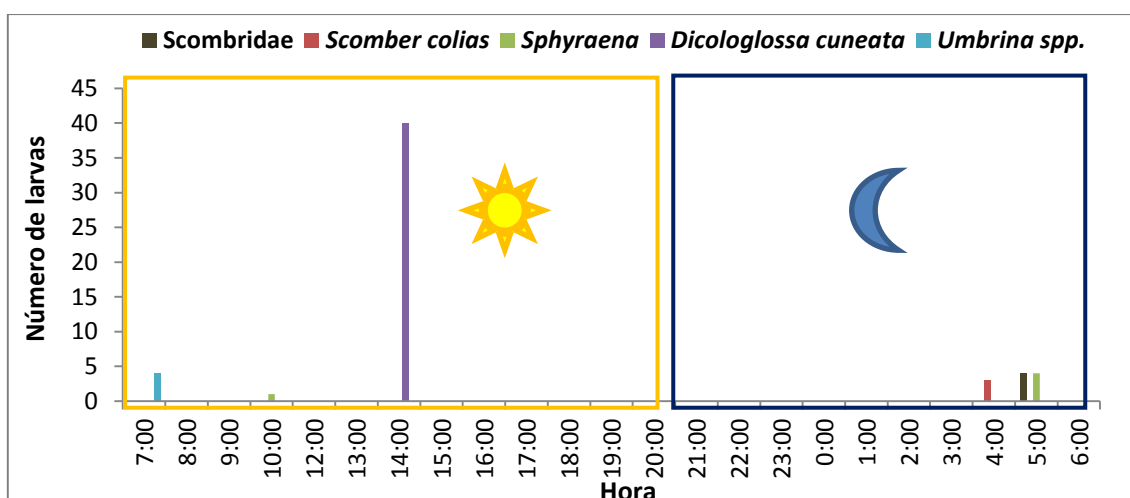


Figura 33. STOCA 201806. Abundancia en número de larvas de *Sphyraena spp.*, *Scomber colias*, *Dicologlossa cuneata*, *Umbrina spp.* y Scombridae presentes en el neuston según la hora del día.

5. DISCUSIÓN

Las condiciones oceanográficas (Ochoa y Bray, 1991) y ambientales (Navarro *et al.*, 2006) del Golfo de Cádiz lo hacen un lugar con una elevada riqueza de especies (Baldó *et al.*, 2006; Torres *et al.*, 2012).

Según algunos autores los peces y sus larvas realizan migraciones verticales en la columna de agua encontrándose más individuos en la superficie en las horas de noche lo cual explicaría la riqueza de especies diferentes por la noche (Lampert, 1989; Neilson y Perry, 1990; Brodeur y Rugen, 1994). También se han dado casos en los que las larvas de tamaños pequeños se quedan tanto por el día como por la noche en la parte cercana a la superficie y van desarrollando el movimiento vertical a medida que aumentan de edad y tamaño (Hartmann, 1970).

También puede tener influencia en la distribución y número de larvas dónde se encuentran en la columna de agua los ejemplares adultos (Júnior y de Rubín, 2006). *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita* y *Trachurus spp.* son epipelágicos; las familias Sparidae, Gobiidae, Serranidae, Callionymidae, Blennidae, Labridae y la especie *Arnoglossus spp.* son demersales (Júnior y de Rubín, 2006).

El predominio de unas especies sobre otras puede deberse a la regulación del sistema circadiano en estado de desarrollo de las distintas especies en el que influyen factores como la intensidad de la luz, temperatura, disponibilidad de alimento y riesgo de depredación (Reebs, 2002).

Otros factores que expliquen estas fases de actividad son en el alto riesgo en la predación que tienen las larvas, la incapacidad de elegir la presa o la competencia entre especies (Reebs, 2002).

De todas las especies encontradas en nuestro estudio, *Parablennius pilicornis* fue la más abundante, la cual parece tener un comportamiento marcadamente diurno hacia superficie. Esta especie habita las zonas submareales rocosas y se puede encontrar en el mediterráneo oeste, atlántico este desde Vizcaya hasta Sudáfrica (Zander, 1986). En Portugal, en la zona de Arrábida, el periodo de apareamiento dura desde febrero/marzo hasta septiembre (Gonçalves y Almada, 1998) lo que explicaría la alta abundancia de esta especie en la zona estudiada.

Las larvas de *Engraulis encrasicolus* parecen tener también una mayor presencia en el neuston durante el día, aunque no tan marcada como la especie anterior. Su elevada presencia en las muestras se debe a que el muestreo se realizó en plena época de reproducción de la especie (primavera-verano) y a que es una de las especies más abundantes en el área del Golfo (Baldó *et al.*, 2006). La alta abundancia de larvas de boquerones también puede ser explicada por la localización de la estación de muestreo, muy próxima a la desembocadura del río Guadalquivir, que es una reconocida área de nursery para esta especie (Fernández-Delgado *et al.*, 2000; Baldó y Drake, 2000; Drake *et al.*, 2007).

Por otro lado, los clupeidos *S. pilchardus* y *S. aurita* se capturaron en menor número, esto puede deberse a la alternancia que sufren los clupeidos y los engraulidos debido a los cambios de régimen (Polovina, 2005). El alto número de *S. aurita* se entiende que es debido a que también era la época de reproducción de esta especie, que puede abarcar desde mayo hasta julio en zonas del mar mediterráneo aunque en otras áreas se puede alargar durante más tiempo (Tsikliras y Antonopoulou, 2006). La época de reproducción en el Golfo de Cádiz de *S. pilchardus* se extiende desde otoño hasta invierno, desde octubre hasta marzo (Baldó *et al.*, 2006) lo que explicaría su escasa presencia en las muestras analizadas.

En cuanto a los ritmos circadianos de cada especie, las larvas de *S. aurita* se encontraron en mayor número durante el día y las de *S. pilchardus* durante la noche, lo que puede ser debido a que estas especies podrían competir por los recursos como lo hacen los engraulidos y clupeidos (Palomera y Sabatés, 1990).

El periodo reproductivo de *S. aurita* empieza al inicio del verano cuando el boquerón ya ha tenido su pico de puesta en la costa catalana y se basa en la temperatura del agua (Palomera y Sabatés, 1990). La dominancia del boquerón y la sardina común (Demir, 1965; Larrañeta, 1960) determina un corto periodo de puesta de *S. aurita* que acaba cuando empieza el de la sardina, cuando la temperatura del agua empieza a disminuir (Aldebert y Tournier, 1971). Esto explicaría el mayor número de larvas de *S. aurita* capturadas en relación con las de *S. pilchardus*, y que *Engraulis encrasicolus* sea de momento la especie dominante en esta época.

Los espáridos presentaron un patrón similar a los blénidos y son otro grupo de especies que se encuentra ampliamente distribuido en la zona de estudio (Júnior y de Rubín, 2006; Coll *et al.*, 2014).

Las larvas de *Trachurus* spp. están presentes en el neuston durante el día y la noche, aunque se observa un pico de máxima abundancia justo antes de amanecer, que muestra uno de los ejemplos de migración vertical (Lampert, 1989). En aguas del Golfo de Cádiz conviven tanto las especies *Trachurus trachurus* como *Trachurus mediterraneus* que son las dominantes aunque no se ha podido describir nuestro espécimen hasta nivel de especie. Los ejemplares de *Trachurus trachurus* tienen una fecundidad indeterminada con un periodo de puesta que varía según la zona muestreada aunque pueden darse puestas en los meses de verano (Abaunza *et al.*, 2003; Murua y Saborido-Rey, 2003). En cuanto a *Trachurus mediterraneus*, se ha descrito la etapa de reproducción en los meses de verano (Viette *et al.*, 1997) por lo que no podemos saber a qué especie se refiere. También se ha detectado la presencia de *Trachurus picturatus* en estudios de talla peso de especies en la zona del Golfo (Torres *et al.*, 2012).

Las larvas de ejemplares de la familia Callionymidae parecen presentar un patrón nocturno hacia superficie. Larvas del género *Callionymus* spp. se encontraron en el Golfo de Cádiz en el mes de julio según Júnior y de Rubín (2006).

En cuanto a la familia Serranidae, las larvas de *Serranus cabrilla* están presentes en el neuston durante el día, y las de *Serranus hepatus* durante las horas nocturnas. Este comportamiento puede deberse a evitar la competencia interespecífica. *S. hepatus* se reproduce desde el mes de marzo hasta julio, con posibilidad de alcanzar niveles máximos en mayo en aguas turcas (Yapici *et al.*, 2012) lo que puede explicar que se observen más ejemplares que de *Serranus cabrilla*.

La acedia (*Dicologlossa cuneata*) es una especie de interés comercial y según el estudio de Baldó *et al.* (2006) alcanza picos máximos de puesta en los meses de marzo y mayo, siendo una especie de puesta otoñal-invernal, lo que explicaría su escasa presencia en las muestras analizadas.

Scomber colias es una especie de las llamadas pequeños pelágicos que vive en aguas cálidas y templadas del océano atlántico y el mar Mediterráneo y se puede encontrar desde la bahía de Vizcaya hasta Sudáfrica (Castro-Hernández y Santana-Ortega, 2000). Su periodo de reproducción comprende desde invierno hasta la primavera, lo que indicaría el bajo número de larvas encontradas en este estudio (Martins, 1996).

Con respecto a *Arnoglossus* spp., se han realizado estudios sobre *Arnoglossus lanterna* y se ha descrito su época de puesta desde finales de junio hasta agosto en Escocia, aunque puede variar dependiendo del lugar (Gibson y Ezzi, 1980). Aunque todavía se desconocen muchos aspectos de estas especies.

Los ejemplares de *Belone belone* realizan migraciones al norte de Europa y las Islas Británicas cada verano para desovar (Dorman, 1989), lo que explicaría su bajo número de larvas capturadas en este trabajo.

Los ejemplares adultos de la familia Myctophidae viven a elevada profundidad durante el día, aunque ascienden por la noche a zonas epipelágicas mediante migraciones verticales (Catul *et al.*, 2010). Esto explicaría la presencia en el neuston de larvas de esta familia a avanzadas horas de la tarde y por la madrugada.

La época de puesta de *Mullus barbatus* se produce entre abril y agosto, aunque sus larvas son pelágicas, es un pez de carácter bentónico por lo que se explicaría el poco número de individuos que se recolectaron (Rodríguez *et al.*, 2017).

Coris julis se reproduce entre los meses de abril y julio en zonas de las islas Baleares (Alonso-Fernández *et al.*, 2011). Viven en zonas bentónicas aunque sus huevos son de carácter pelágico por lo que se podrían encontrar larvas en superficie (Rodríguez *et al.*, 2017).

Las larvas de mugílidos se encontraron tanto por el día como por la noche, aunque en baja abundancia en número. Existen muchas especies dentro de la familia Mugilidae con distintos ciclos de madurez (Crosetti y Blaber, 2015), por lo que es difícil su identificación (tabla adjunta):

Tabla 3. Estacionalidad de larvas de distintas especies de mugílidos del Golfo de Cádiz.

Especie	Estacionalidad larvas en el GoC
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1826)	Marzo-Junio Máx. abundancias abril-mayo
<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)	Octubre a mayo Máx. abundancias noviembre-marzo
<i>Liza ramada</i> (Risso, 1826)	Noviembre-mayo Máx. abundancias noviembre-marzo
<i>Liza saliens</i> (Risso, 1810)	Junio-octubre Máx. abundancias agosto-septiembre
<i>Mugil cephalus</i> (Linneo, 1758)	Agosto-noviembre Máx. abundancias en agosto

En cuanto a *Sphyraena spp.*, es una especie que tiene una amplia distribución en aguas tropicales y templadas y tiene interés comercial (Allam *et al.*, 2004). En aguas del mediterráneo se han estudiado la reproducción de *S.chrysotaenia*, *S.flavicauda* y *S.sphyraena* y se han descrito temporadas de puesta de mayo a octubre, mayo a septiembre y abril a septiembre para cada especie (Allam *et al.*, 2004).

Las larvas de *Umbrina spp.* aparecieron justo al amanecer, peces de este género se han detectado con anterioridad en aguas del Golfo (Torres *et al.*, 2012).

6. Conclusiones

- La diversidad de larvas de peces encontradas en el neuston fue elevada, identificándose hasta 24 grupos taxonómicos pertenecientes a 18 familias distintas.
- La mayor abundancia de las diferentes especies encontradas puede deberse al periodo reproductivo de cada una de ellas en el área de estudio.
- Existen diferencias en la composición y abundancia larvaria en el neuston según la hora del día, observándose una mayor diversidad de especies durante la noche.
- Hay especies que presentan una mayor presencia en el neuston durante las horas diurnas, como *Parablennius pilicornis*, espáridos, *Sardinella aurita*, *Serranus cabrilla* y *Mullus barbatus*.
- Hay especies que presentan una mayor presencia en el neuston durante las horas nocturnas como *Sardina pilchardus*, calionímidos, *Serranus hepatus* o los mictófidios.
- La mayor o menor abundancia de larvas de determinadas especies en el neuston según la hora del día, no parece deberse a las condiciones físicas del agua en superficie (temperatura, salinidad, etc..) ya que los valores de todas estas variables han permanecido prácticamente sin cambios durante todas las horas de muestreo.

7. Bibliografía

- Abaunza, P., Gordo, L., Karlou-Riga, C., Murta, A., Eltink, A.T.G.W., García-Santamaría, M.T., Zimmermann, C., Hammer, C., Lucio, P., Iverse, S.A., Molloy, J., Gallo, E. (2003). Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13 (1), p. 27–61. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1026334532390>
- Aldebert, I. y Tournier, H. 1971. La reproduction de la sardine et de l'anchois dans le Golf du Lion. *Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes*, 35 (1), p. 57-72.
- Aleman, F., Quintanilla, L., Velez-Blechi, P., García, Cortés, D., Rodríguez, J.M., Fernández de Puellas, M.L, González-Pola, C., López-Jurado, J.L. (2010). Characterization of the spawning habitat of Atlantic bluefin tuna and related species in the Balearic Sea (western Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 86 (1-2), p. 21-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.04.014>
- Allam, S.M., Faltas, S.N., Ragheb, E. (2004). Reproductive biology of *Sphyrna* species in the egyptian mediterranean waters off Alexandria. *Egyptian Journal of Aquatic research*, 30 (B), p. 255-270.
- Alonso-Fernández, A., Alós, J., Grau, A., Domínguez-Petit, R., Saborido-Rey, F. (2011). The use of histological techniques to study the reproductive biology of the hermaphroditic Mediterranean fishes *Coris julis*, *Serranus scriba*, and *Diplodus anularis*. *Marine and Coastal Fisheries*, 3 (1), p. 145-159. DOI: [10.1080/19425120.2011.556927](https://doi.org/10.1080/19425120.2011.556927)
- Baldó, F. y P., Drake. (2000). El Estuario del Guadalquivir como zona de cría de especies de peces: Relaciones tróficas. En: 3^{er} Simposio sobre el Margen Continental Ibérico Atlántico. Faro: Universidad de Algarve. p. 295-296
- Baldó, F., García-Isarch, E., Jiménez, M.P., Romero, Z., Sánchez-Lamadrid, A., Catalán, I.A. (2006). Spatial and temporal distribution of the early life stages of three commercial fish species in the northeastern shelf of the Gulf of Cádiz. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53 (11-13), p. 1391-1401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.04.004>
- Batteen, M.L., Martinez, J.R., Bryan, D.W., Buch, E.J., (2000). A modelling study of the coastal eastern boundary current system off Iberia and Morocco. *Journal of Geophysical Research*, 105, p. 14173–14195. DOI: <https://doi.org/10.1029/2000JC900026>
- Bellwood, D.R. y Fisher, R. (2001). Relative swimming speeds in reef fish larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 211, p. 299-303.

- Bray, J.R. y Curtis, J.T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27 (4), p. 325-349. DOI: <http://www.jstor.org/stable/1942268>
- Britz, R. y Kottelat, M. (2008). *Paedocypris carbunculus*, a new species of miniature fish from Borneo (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae). *The Raffles Bulletin of Zoology*, 56 (2), p. 415-422.
- Brodeur, R.D. y Rugen, W.C. (1994). Diel vertical distribution of ichthyoplankton in the northern Gulf of Alaska. *Fishery Bulletin*, 92, p. 223-235.
- Brothers, E.B., Williams, D.M., Sale, P.F. (1983). Length of larval life in twelve families of fishes at "One Tree Lagoon", Great Barrier Reef, Australia. *Marine Biology*, 76 (3), p. 319-324. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00393035>
- Campinho, M.A., Silva, N., Sweeney, G.E., Power, D.M. (2007). Molecular, cellular and histological changes in skin from a larval to an adult phenotype during bony fish metamorphosis. *Cell and Tissue Research*, 327 (2), p. 267-284. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00441-006-0262-9>
- Castonguay, M., Plourde, S., Robert, D., Runge, J.A., Fortier, L. (2008). Copepod production drives recruitment in a marine fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65 (8), p. 1528-1531. DOI: <https://doi.org/10.1139/F08-126>
- Castro-Hernández, J.J. y Santana-Ortega, A.T. (2000). *Synopsis of biological data on the chub mackerel (Scomber japonicus Houttuyn, 1782)*. Roma: FAO. pp. 77.
- Catul, V., Gauns, M., Karuppasamy, P.K. (2010). A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21 (3), p. 339-354. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11160-010-9176-4>
- Clark, C.W. y Levy, D.A. (1988). Diel Vertical Migrations by Juvenile Sockeye Salmon and the Antipredation Window. *The American Naturalist*, 131 (2), p. 271-290. DOI: <https://doi.org/10.1086/284789>
- Coll, M., Carreras, M., Ciércoles, C., Córnaix, M.J., Gorelli, G., Morote, E., Sáez, R. (2014). Assessing Fishing and Marine Biodiversity Changes Using Fishers' Perceptions: The Spanish Mediterranean and Gulf of Cadiz Case Study. *PLoS ONE*, [on line] 9 (1), p. e85670. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085670>
- Collignon, A., Hecq, J.H., Glagani, F., Voisin, P., Collard, F., Goffart, A. (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 64, p. 861-864. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.01.011>
- Collignon, A., Hecq, J.H., Galgani, F., Collard, Goffart, A. (2014). Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean–

- Corsica). *Marine Pollution Bulletin*, 79 (1-2), p. 293-298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.023>
- Crosetti, D. y Blaber, S.J.M. (2015). *Biology, ecology and culture of grey mullets (Mugilidae)*. Nueva York: CRC Press. pp. 539.
- Cushing, D.H. (1990). Plankton production and year class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology*, 26, p. 249-294. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60202-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60202-3)
- David, P.M. (1965). The neuston net A device for sampling the surface fauna of the ocean. *Journal of the marine biological association of the United Kingdom*, 45 (2), p. 313-320. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0025315400054850>
- de Jesus E.G., Toledo J.D., Simpas M.S. (1998). Thyroid hormones promote early metamorphosis in grouper (*Epinephelus coioides*) larvae. *General and Comparative Endocrinology*, 112 (1), p. 10–16. DOI: <https://doi.org/10.1006/gcen.1998.7103>
- Demir, N. (1965). Synopsis of biological data on anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus) 1758 (Mediterranean and adjacent seas). FAO Fisheries Synopsis, 26, p. 1-42.
- Dorman, J.A. (1989). Some aspects of the biology of the garfish *Belone belone* (L.) from southern Ireland. *Journal of Fish Biology*, 35 (5), p. 621-629. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb03014.x>
- Drake, P. y Arias, A. M. (1991). Composition and seasonal fluctuations of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of the Cádiz Bay (Spain). *Journal of Fish Biology*, 39 (2), p. 245–263. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1991.tb04360.x>
- Drake, P., Arias, A.M., Baldó, F., Cuesta, J.A., Rodríguez, A., Silva-García, A., Sobrino, I., García-Gonzalez, D. and Fernández-Delgado, C. (2002). Spatial and temporal variation of the nekton and hyperbenthos from a temperate European estuary with a regulated freshwater inflow. *Estuaries*, 25, p. 451–468. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02695987>
- Drake, P., Borlán, A., González-Ortegón, E., Baldó, F., Vilas, C., Fernández-Delgado, C. (2007). Spatio-temporal distribution of early life stages of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* L. within a European temperate estuary with regulated freshwater inflow: effects of environmental variables. *Journal of Fish Biology*, 70 (6), p. 1689-1709. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01433.x>
- Evans, B.I. y Fernald, R.D. (1990). Metamorphosis and fish vision. *Journal of Neurobiology*, 21 (7), p. 1037-1052. DOI: <https://doi.org/10.1002/neu.480210709>
- Fernández-Delgado, C., Drake, P., Arias, A.M., García-González, D. (2000). *Peces de Doñana y su entorno*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. pp. 272

- Fraser, J.H. (1968). *Zooplankton sampling*. En: *The history of plankton sampling*. París: UNESCO pp. 174
- Folkard, A.W., Davis, P.A., Fiúza, A.F.G., Ambar, I. (1997). Remotely sensed sea surface thermal patterns in the Gulf of Cádiz and the Strait of Gibraltar: variability, correlations, and relationships with the surface wind field. *Journal of Geophysical Research*, 102 (C3), p. 5669–5683. DOI: <https://doi.org/10.1029/96JC02505>
- García-Lafuente, J., Delgado, J., Criado-Aldeanueva, M.B., del Río, J., Vargas, J.M. (2006). Water mass circulation on the continental shelf of the Gulf of Cádiz. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53 (11-13), p. 1182-1197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.04.011>
- García-Lafuente, J. y Ruíz, J. (2007). The Gulf of Cádiz pelagic ecosystem: A review. *Progress in Oceanography*, 74 (2-3), p. 228-251. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.04.001>
- Gibson, R.N. y Ezzi, I.A. (1980). The biology of sculdfish, *Arnoglossus lanterna* (Walbaum) on the west coast of Scotland. *Journal of Fish Biology*, 17 (5), p. 565-575. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02788.x>
- Gonçalves, E.J. y Almada, V.C. (1998). A comparative study of territoriality in intertidal and subtidal blennioids (Teleostei, Blennioidei). *Environmental Biology of Fishes*, 51 (3), p. 257-264. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1007482630052>
- Hardy, A.C. (1926). A new method of plankton research. *Nature*, 118, p. 630.
- Hartmann, J. (1970). Juvenile saury pike (*Scomberesox saurus* Walb.) an example of ichthyoneuston. *ICES Journal of Marine Science*, 33 (2), p. 245-255. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/33.2.245>
- Hempel, G. y Weikert, H. (1972). The neuston of the subtropical and boreal North-eastern Atlantic Ocean. A review. *Marine Biology*, 13 (1), p. 70-88. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00351141>
- Houde, E.D. (1987). Fish early life dynamics and recruitment variability. *American Fisheries Society Symposium*, 2, p. 17–29.
- Houde, E.D. (1989). Subtleties and episodes in the early life of fishes. *Journal of Fish Biology*, 35 (A), p. 29-38. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1989.tb03043.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb03043.x)
- Jiménez, M.P. y Sobrino, I. (2006). *Descripción del esquema de explotación de la flota de arrastre de la Región Suratlántica Española (Golfo de Cádiz)*. Libro CD. Publicación Junta Andalucía.
- Júnior, P.M. y de Rubín, J.P. (2006). Interannual Variation of Larval Fish Assemblages in the Gulf of Cádiz (SW Iberian Peninsula) in Relation to Summer Oceanographic Conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49 (2), p. 287-296. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132006000300014>

- Krishnamoorthy, P. y Subramanian, P. (1999). Organisation of commercially supporting meroplankton in Palk Bay and Gulf of Mannar biosphere reserve areas, southeast coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences*, 28, p. 211-215.
- Koslow, J.A. & Wright, M. (2016). Ichthyoplankton sampling design to monitor marine fish populations and communities. *Marine Policy*, 68, p. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.02.011>
- Lampert, W. (1989). The adaptative significance of diel vertical migration of zooplankton. *Functional ecology*, 3 (1), p. 21-27. DOI: 10.2307/2389671
- Larrañeta, M.G. (1960). Synopsis of biological data on *Sardina pilchardus* of the Mediterranean and adjacent seas. *FAO Fisheries Biology Synopsis*, 9, p. 37.
- Liparoto, A., Mancinelli, G., Belmonte, G. (2017). Spatial variation in biodiversity patterns of neuston in the Western Mediterranean and Southern Adriatic Seas. *Journal of Sea Research*, 129, p. 12-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.08.007>
- Martins, M.M. (1996). New biological data on growth and maturity of Spanish Mackerel (*Scomber japonicus*) off the Portuguese coast (ICES Division IX a). En: *ICES Conference and Meeting*. Reykjavick: ICES. p. 1-22.
- Millán, M. (1992). Descripción de la pesquería de cerco en la Región Suratlántica Española y Atlántico-Norte Marroquí. *Informes Técnicos del instituto Español de Oceanografía*, 133, p. 70.
- Miller, T.J., Crowder, L.B., Rice, J.A., Marschall, E.A. (1988). Larval size and recruitment mechanisms in fishes: Toward a conceptual framework. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45 (9), p. 1657–1670. DOI: <https://doi.org/10.1139/f88-197>
- Murua, H. y Saborido-Rey, F. (2003). Female Reproductive Strategies of Marine Fish Species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, p. 23-31.
- Navarro, G. y Ruiz, G. (2006). Spatial and temporal variability of phytoplankton in the Gulf of Cádiz through remote sensing. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53 (11-13), p. 1241-1260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.04.014>
- Navarro, G., Ruiz, J., Huertas, I.E., García, C.M., Criado Aldeanueva, F., Echevarría, F. (2006). Basin scale structures governing the position of the deep fluorescence maximum in the Gulf of Cádiz. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53 (11–13), p. 1261–1281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.04.013>
- Neilson, J.D. y Perry, R.I. (1990). Diel vertical migrations of marine fishes: an obligate or facultative process? *Advances in Marine Biology*, 26, p. 115 -168. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60200-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60200-X)

- Ochoa, J. y Bray, N.A. (1991). Water mass exchanges in the Gulf of Cadiz. *Deep-Sea Research*, 38 (1), p. S465-S503. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0198-0149\(12\)80021-5](https://doi.org/10.1016/S0198-0149(12)80021-5)
- Palomera, I. y Sabatés, A. (1990). Co-occurrence of *Engraulis encrasicolus* and *Sardinella aurita* eggs and larvae in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 54 (1), p. 61-67.
- Polovina, J.J. (2005). Climate variation, regime shifts, and implications for sustainable fisheries. *Bulletin of Marine Science*, 76 (2), p. 233-244.
- Raymont, J.E.G. (1983). *Plankton and Productivity in the Oceans. Volume 2 – Zooplankton*. 2ª Edición. Oxford: Pergamon Press. pp. 824.
- Ré, P. y Meneses, I. (2009). *Early stages of marine fishes occurring in the Iberian Peninsula*. Lisboa: IPIMAR/IMAR. 282 p.
- Reeb, S.G. (2003). Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 120, p. 349–371
- Richards, J.W. (1985). Status of the identification of the early life stages of fishes. *Bulletin of Marine Science*, 37 (2), p. 756-760
- Roberts, C.M. (1997). Fishery and reef management. *Science*, 279, p. 2021–2022
- Rodríguez, J.M., Alemany, F., García, A. (2017). *A guide to the eggs and larvae of 100 common Western Mediterranean Sea bony fish species*. Roma: FAO. pp. 242.
- Ruiz, J., Garcia-Isarch, E., Emma Huertas, I., Prieto, L., Juárez, A., Muñoz, J.L., Sánchez-Lamadrid, A., Rodríguez-Gálvez, S., Naranjo, J.M., Baldó, F. (2006). Meteorological and oceanographic factors influencing *Engraulis encrasicolus* early life stages and catches in the Gulf of Cádiz. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53 (11-13), p. 1363-1376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.04.007>
- Sobrino, I., Jiménez, M.P., Ramos, F., Baro, J. (1994). Descripción de las pesquerías demersales de la región suratlántica española. *Informes Técnicos Instituto Español de Oceanografía*, 151, p. 79.
- Stevenson, R. E. (1977). Huelva Front and Malaga, Spain, eddy chain as defined by satellite and oceanographic data. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 30 (2), p. 51–53. DOI: 10.1007/bf02226082
- Tsikliras, A.C. y Antonopoulou, E. (2006). Reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the north-eastern Mediterranean. *Scientia Marina*, 70 (2), p. 281:290. DOI: <https://doi.org/10.3989/scimar.2006.70n2281>
- Torres, M.A., Ramos, F., Sobrino, I. (2012). Length–weight relationships of 76 fish species from the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research*, 127-128, p. 171-175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.02.001>

- Vargas, J.M., García-Lafuente, J., Delgado, J. (2003). Seasonal and wind-induced variability of sea surface temperature patterns in the Gulf of Cádiz. *Journal of Marine System*, 38 (3–4), p. 205–219. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-7963\(02\)00240-3](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(02)00240-3)
- Victor, B.C. (1986a). Delayed metamorphosis with reduced larval growth in a coral reef fish (*Thalassoma bifasciatum*). *Canadian Journal of Fish Aquatic Science*, 43 (6), p. 1208-1213. DOI: <https://doi.org/10.1139/f86-150>
- Victor, B.C. (1986b). Duration of the planktonic larval stage of one hundred species of Pacific and Atlantic wrasses (family Labridae). *Marine Biology*, 90 (3), p. 317–326. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00428555>
- Viette, M., Giulianini, P.G., Ferrero, E.A. (1997). Reproductive biology of scad, *Trachurus mediterraneus* (Teleostei, Carangidae), from the Gulf of Trieste. *ICES Journal of Marine Science*, 54 (2), p. 267–272. DOI: <https://doi.org/10.1006/jmsc.1996.0185>
- Wallus, R., Simon, P.T., Yeager, R.L. (1990). *Reproductive biology and early life history of fishes in the Ohio river drainage. Volume 6. Elasmobranchii and Centrarchidae*. Nueva York: CRC Press. 472 p.
- Werner, E.E. y Gilliam, J.F. (1984). The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15, p. 393–425.
- Wiebe, P.H. y Benfield, M.C. (2003). From the Hensen net toward four-dimensional biological oceanography. *Progress in Oceanography*, 56 (1), p. 7–136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(02\)00140-4](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(02)00140-4)
- Williams, D.McB., Wolanski, E., Andrews, J.C. (1984). Transport mechanisms and their potential movement of planktonic larvae in the central region of the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 3 (4), p. 229–236. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00288259>
- Yapici, S., Filiz, H., Ozkan, O. (2012). Age, growth, reproduction and feeding habitats of brown comber, *Serranus hepatus* (L., 1758) in Eastern Aegean Sea. *Biharean Biologist*, 6 (2), p. 99-107.
- Zander, C.D. (1986). *Blenniidae*. En: *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. Paris: UNESCO. pp.1096-1112.